



TUGAS AKHIR - TM 141585

ANALISA DAN STUDI EKSPERIMEN PERFORMA TOYOTA AGYA YANG MENGUNAKAN TRANSMISI MANUAL DENGAN TOYOTA AGYA YANG MENGUNAKAN TRANSMISI OTOMATIS

FAKIH NUROHMAN HADI
NRP. 2113105004

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, M.Sc.,Ph.D.

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TM 141585

ANALYSIS AND STUDY EXPERIMENTAL OF PERFORMANCE TOYOTA AGYA USE MANUAL TRANSMISSION WITH TOYOTA AGYA USE AUTOMATIC TRANSMISSION

FAKIH NUROHMAN HADI
NRP. 2113105004

Academic Supervisor
Prof. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Tchnology
Surabaya 2016

**ANALISA DAN STUDI EKSPERIMEN PERFORMA
TOYOTA AGYA YANG MENGGUNAKAN TRANSMISI
MANUAL DENGAN TOYOTA AGYA YANG
MENGGUNAKAN TRANSMISI OTOMATIS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Otomotif
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

FAKIH NUROHMAN HADI

Nrp. 2113 105 004

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D(Pembimbing)
(NIP. 195106051978031002)
2. Dr.Eng. Unggul Wasiwito, S.T, M.Eng(Penguji I)
(NIP. 1978051020011210015)
3. Moch. Solichin, ST, MT(Penguji II)
(NIP. 2100201405003)
4. Latifah Nurahmi, ST, M.Sc, Ph.D(Penguji III)
(NIP. 210000011)

SURABAYA

Juli, 2016

ANALISA DAN STUDI EKSPERIMEN PERFORMA TOYOTA AGYA YANG MENGGUNAKAN TRANSMISI MANUAL DENGAN TOYOTA AGYA YANG MENGGUNAKAN TRANSMISI OTOMATIS

Nama Mahasiswa : Fakhri Nurohman Hadi
NRP : 2113105004
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, Msc., PhD

ABSTRAK

Sistem Transmisi pada Toyota Agya ada yang menggunakan transmisi manual dan transmisi otomatis. Unit kopling pada transmisi manual menggunakan *clutch* sedangkan transmisi otomatis menggunakan *torque converter*. Sistem gear pada transmisi manual menggunakan *gearbox* sedangkan transmisi otomatis menggunakan *planetary gear*. Keduanya sama-sama memiliki ukuran kendaraan dan mesin yang sama tetapi berbeda dari segi transmisinya. Perlu dilakukan analisa untuk membandingkan performa dari Toyota Agya G MT dengan Toyota Agya G AT.

Untuk mengetahui besarnya torsi, daya, dan putaran dari roller, maka perlu dilakukan pengujian *dyno test*. *Dyno test* menghasilkan data-data tersebut pada roller yang di konversi menjadi torsi, daya, dan putaran dari roda penggerak. Nilai torsi menjadi input data untuk mencari besarnya gaya dorong dari kendaraan. Sedangkan putaran menjadi input data untuk mencari besarnya kecepatan kendaraan. Selain itu dalam penelitian ini, percepatan dan sudut tanjakan maksimum yang mampu dilalui oleh kendaraan Toyota Agya transmisi manual dan kendaraan transmisi otomatis juga di hitung.

Hasil yang di dapat dari penelitian ini adalah gaya dorong pada Toyota Agya G AT lebih besar daripada Toyota Agya G MT.

Toyota Agya G AT mampu melalui tanjakan maksimal dengan sudut 27,76 derajat sedangkan Toyota Agya G MT hanya mampu melalui tanjakan maksimal 23,91 derajat. Percepatan yang dihasilkan Toyota Agya G AT lebih besar daripada Toyota Agya G MT. Dengan kondisi mesin, dinamika kendaraan, dan sistem penyaluran bahan bakar yang sama dari kedua kendaraan maka bisa di simpulkan bahwa transmisi pada Toyota Agya G AT lebih baik daripada transmisi pada Toyota Agya G MT.

Kata kunci: *Clutch, Dyno Test, Gearbox, Planetary Gear, Torque Converter.*

ANALYSIS AND STUDY EXPERIMENTAL OF PERFORMANCE TOYOTA AGYA USE MANUAL TRANSMISSION WITH TOYOTA AGYA USE AUTOMATIC TRANSMISSION

Nama Mahasiswa : Fakhri Nurohman Hadi
NRP : 2113105004
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, Msc., PhD

ABSTRACT

Transmission System at Toyota Agya with manual transmission and automatic transmission. Unit clutch on a manual transmission using the clutch while the automatic transmission using a torque converter. The system uses gear manual transmission while the automatic transmission gearbox using planetary gear. Both had the same vehicle size and the same machine but different in terms of transmission. Need to do analysis to compare the performance of Toyota Agya G MT with Toyota Agya G AT.

To determine the magnitude of the torque, power, and rotation of the roller, it is necessary to dyno test. Dyno test produce such data on a roller which converted to torque, power, and rotation of the drive wheel. The torque value becomes the input data for the magnitude of the thrust of the vehicle. While rotation being the input data for the magnitude of the speed of the vehicle. Also in this study, the maximum acceleration and angle of inclination which is able to be passed by vehicles Toyota Agya manual transmission and automatic transmission vehicles are also calculated.

The results obtained from this study is thrust on Toyota Agya G AT larger than Toyota Agya G MT. Toyota Agya G AT able via ramps up at an angle of 27.76 degrees while Toyota Agya

G MT only able via ramps up to 23.91 degrees. The resulting acceleration of Toyota Agya G AT larger than Toyota Agya G MT. With the condition of the engine, vehicle dynamics and fuel delivery system of the same from the second vehicle then it can be concluded that the transmission on the Toyota Agya G AT better than Toyota Agya G MT.

Keywords: *Clutch, Dyno Test, Gearbox, Planetary Gear, Torque Converter.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Laporan	3

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Pengertian Transmisi.....	5
2.1.1 Transmisi Manual	6
2.1.2 Transmisi Otomatis	9
2.2 Gaya Hambat pada Kendaraan.....	13
2.2.1 Hambatan Aerodinamis	13
2.2.2 Rolling Resistance antara Ban dan Jalan	14
2.3 Gaya Dorong Kendaraan sebagai Input Traksi Kendaraan	16
2.4 Percepatan yang dapat dihasilkan	17
2.5 Kecepatan Kendaraan	17
2.6 Tanjakan Maksimum (θ_{max})	18
2.7 Karakteristik Kinerja Torsi Converter	19

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Metode Penelitian.....	23
3.2	Studi Literatur	24
3.3	Spesifikasi Kendaraan	24
3.4	Parameter Pengujian.....	26
3.5	Langkah Pengujian.....	28
3.6	Flowchart Perhitungan	29

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Grafik Torsi Roda Kendaraan	31
4.1.1	Grafik Torsi Roda Toyota Agya G MT	31
4.1.2	Grafik Torsi Roda Toyota Agya G AT	33
4.1.3	Grafik Perbandingan Torsi Roda Toyota Agya G MT dengan Toyota Agya G AT	34
4.2	Grafik Gaya Dorong Kendaraan	36
4.2.1	Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G MT	36
4.2.2	Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G AT	38
4.2.3	Grafik Perbandingan Gaya Dorong Agya G MT dengan Agya G AT	40
4.3	Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat	43
4.3.1	Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat Agya G MT	43
4.3.2	Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat Agya G AT	45
4.4	Grafik Percepatan.....	48
4.4.1	Grafik Percepatan Agya G MT	48
4.4.2	Grafik Percepatan Agya G AT	49
4.4.3	Grafik Perbandingan Percepatan Agya G MT dengan Agya G AT	51

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....		55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Koefisien hambat aerodinamis untuk kendaraan.	14
TABEL 2.2 Nilai rata-rata dari koefisien hambatan rolling untuk berbagai jenis ban kendaraan dan berbagai kondisi jalan.....	15
TABEL 3.1 Perbandingan spesifikasi Toyota Agya G AT dengan Agya G MT	24

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penyalur daya dari mesin sampai roda.....	5
Gambar 2.2. Skema transmisi manual	6
Gambar 2.3. Sistem transmisi manual	7
Gambar 2.4. Gearbox transmisi manual	8
Gambar 2.5. Prinsip dasar rasio gear	8
Gambar 2.6. Skema transmisi otomatis	9
Gambar 2.7. Skema transmisi otomatis	9
Gambar 2.8. Planetary gear set / system	11
Gambar 2.9. Torque converter	12
Gambar 2.10. Pengaruh tekanan ban pada f_0 dan f_s	15
Gambar 2.11. Skema aliran daya mesin	16
Gambar 2.12. Diagram benda bebas kendaraan saat menanjak	18
Gambar 2.13. Karakteristik kinerja torsi converter.....	20
Gambar 2.14. Faktor kapasitas dari mesin.....	21
Gambar 3.1. Flowchart penelitian	23
Gambar 3.2. Toyota agya	27
Gambar 3.3. Skema dynotest	27
Gambar 3.4. Flowchart perhitungan	30
Gambar 4.1. Grafik Torsi Roda Toyota Agya G MT.....	31
Gambar 4.2. Grafik Torsi Roda Toyota Agya G AT	33
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Torsi Roda Toyota Agya G MT dengan Toyota Agya G MT.....	35
Gambar 4.4. Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G MT	37
Gambar 4.5. Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G AT.....	39
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Gaya Dorong Agya G MT dengan Agya G AT.....	41
Gambar 4.7. Grafik Gaya Dorong beserta Gaya Hambat Agya G MT.....	43
Gambar 4.8. Grafik Gaya Dorong beserta Gaya Hambat Agya G AT	46
Gambar 4.9. Grafik Percepatan Agya G MT	48
Gambar 4.10. Grafik Percepatan Agya G AT	49
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Percepatan Agya G MT	

Tugas Akhir
Design

dengan Agya G AT	51
------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia otomotif mengalami kemajuan yang sangat pesat. Berbagai macam teknologi telah ditemukan dalam upaya memberikan kondisi terbaik kendaraan dan kenyamanan berkendara untuk masyarakat. Salah satu bagian yang mengalami perkembangan adalah bagian transmisi. Transmisi merupakan sistem yang menyalurkan tenaga dari mesin hingga sampai ke roda. Sistem transmisi adalah sistem yang berfungsi untuk mengkonversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga, atau sebaliknya.

Sistem transmisi manual adalah sistem transmisi dimana kecepatan dan akselerasi dapat diatur ataupun dikendalikan langsung oleh pengemudi karena perpindahan gigi diatur oleh pengemudi sendiri, sedangkan sistem transmisi otomatis adalah sistem transmisi kendaraan yang pengoperasiannya dilakukan secara otomatis. Perbedaan sistem transmisi juga menghasilkan performa yang berbeda juga. Sehingga semua itu akan menjadi pertimbangan konsumen produk mana yang akan dibeli. Oleh karena itu desain mana yang sesuai dengan kebutuhan konsumen sangatlah penting untuk diketahui, agar tepat dan tidak salah dalam membeli produk.

Objek yang akan dianalisa adalah Astra Toyota Agya yang merupakan kendaraan terlaris di kelas LCGC (*Low Cost Green Car*). Astra Toyota Agya ada yang memakai transmisi manual dan ada yang memakai transmisi otomatis. Sehingga penelitian yang akan dilakukan adalah analisa terhadap Agya G MT yang akan dibandingkan dengan Agya G AT.

Perbandingan dari kedua kendaraan diindikasikan terdapat pada sistem transmisi masing-masing.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan gaya dorong (Ft) pada kendaraan Agya G MT dengan kendaraan Agya G AT berdasarkan kecepatan kendaraan yang dianalisa dari segi transmisi masing-masing kendaraan.
2. Bagaimana perbandingan sudut tanjakan maksimum (θ maks) yang mampu dilalui oleh Agya G MT dengan Agya G AT sebagai pembanding dilihat dari segi transmisi masing-masing kendaraan.
3. Bagaimana perbandingan percepatan pada kendaraan Agya G MT dengan kendaraan Agya G AT berdasarkan kecepatan kendaraan yang dianalisa dari segi transmisinya.

1.3 Tujuan

Dengan mengacu pada perumusan masalah di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari perbandingan gaya dorong (Ft) pada kendaraan Agya G MT dengan Agya G AT berdasarkan tingkat kecepatan yang dianalisa dari segi transmisinya.
2. Mencari sudut tanjakan maksimum (θ maks) yang mampu dilalui oleh Agya G MT dengan Agya G AT sebagai pembanding dilihat dari segi transmisi masing-masing kendaraan.
3. Mencari percepatan Agya G MT dan Agya G AT berdasarkan kecepatan kendaraan yang dianalisa dari segi transmisi masing-masing kendaraan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir kali ini adalah:

1. Kendaraan yang dianalisa adalah Astra Toyota Agya G MT.
2. Kendaraan pembanding adalah Astra Toyota Agya G AT.
3. Menggunakan bahan bakar premium.
4. Radius dinamik ban kendaraan dianggap konstan.
5. Kecepatan angin dianggap sama dengan kecepatan relatif angin terhadap kendaraan.
6. Kinerja *engine* tidak dipengaruhi lingkungan sekitar.
7. Titik CG kendaraan berhimpit dengan titik CP kendaraan.
8. Massa penumpang 100 kg.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai Ft kendaraan Agya G MT dengan Agya G AT sebagai pembanding sehingga konsumen bisa tau kemampuan kendaraan yang akan dibeli.
2. Mengetahui batas sudut tanjakan yang bisa dilalui Agya G MT dan dibandingkan dengan kemampuan Agya G AT sehingga menjadi pengetahuan untuk masyarakat.
3. Mengetahui tingkat percepatan Agya G MT dan Agya G AT sehingga menjadi pengetahuan untuk masyarakat.
4. Sebagai acuan dalam penelitian serta riset berikutnya.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan, bab ini berisi latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan laporan.
2. Bab 2 Dasar Kajian Pustaka, bab ini berisi dasar – dasar ilmu yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

3. Bab 3 Metodologi, bab ini berisi urutan langkah – langkah analisa perbandingan dari Astra Toyota Agya G AT dengan Astra Toyota Agya G MT.
4. Bab 4 Hasil dan Analisa, pada bab ini membahas hasil perbandingan performa dari Astra Toyota Agya G AT dengan Astra Toyota Agya G MT.
5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran – saran untuk membuat penelitian ini lebih baik.

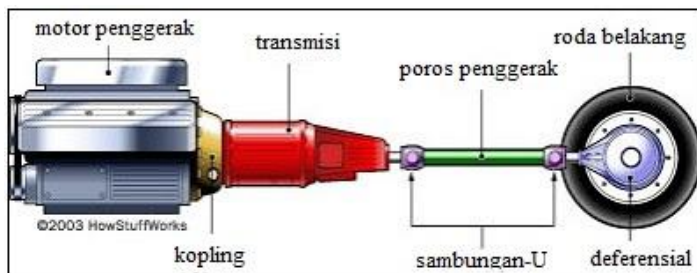
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Transmisi

Transmisi yaitu salah satu bagian dari sistem pemindah tenaga yang berfungsi untuk mendapatkan variasi momen dan kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan kondisi pembebanan, yang umumnya menggunakan perbandingan roda gigi. Prinsip dasar transmisi adalah bagaimana mengubah kecepatan putaran suatu poros menjadi kecepatan putaran yang diinginkan. Gigi transmisi berfungsi untuk mengatur tingkat kecepatan dan momen mesin sesuai dengan kondisi yang dialami kendaraan.

Penyalur daya dari mesin sampai roda penggerak ditunjukkan pada gambar 2.1. Sistem pemindah tenaga secara garis besar terdiri dari unit kopling, transmisi, penggerak akhir (*final drive*). Fungsi transmisi adalah untuk mengatur perbedaan putaran antara mesin dengan putaran poros yang keluar dari transmisi. Pengaturan putaran ini dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak sesuai beban dan kecepatan kendaraan.

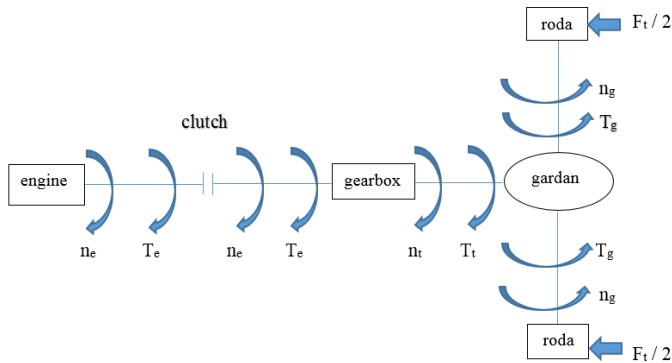


Gambar 2.1 Penyalur daya dari mesin sampai roda [1]

Secara umum transmisi berdasarkan cara kerjanya dibedakan menjadi dua yaitu manual transmission (transmisi manual) dan automatic transmission (transmisi otomatis). Secara singkat perbedaannya terletak pada cara pemindahan transmisi

(pindah gigi). Pada transmisi manual memindahkan transmisi atau gigi dilakukan oleh pengemudi secara manual melalui perseneling. Sementara untuk transmisi otomatis, pengemudi tidak perlu repot-repot memindah transmisi/gigi menggunakan perseneling karena perpindahan transmisi sudah diprogram secara otomatis pada mobil.

2.1.1 Transmisi Manual



Gambar 2.2 Skema transmisi manual

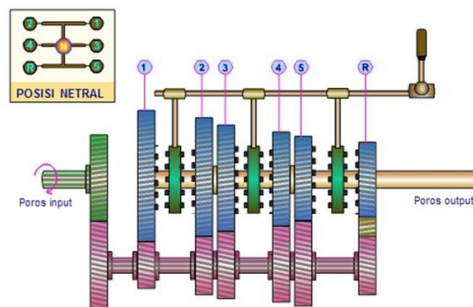
Transmisi manual adalah transmisi kendaraan yang pengoperasiannya dilakukan secara langsung oleh pengemudi. Skema keseluruhan dari transmisi manual ditunjukkan pada gambar 2.2. Rangkaian pemindah pada transmisi manual tenaga berawal dari sumber tenaga (*engine*) ke sistem pemindah tenaga yaitu masuk ke unit kopling (*clutch*), diteruskan ke transmisi (*gear box*), kemudian menuju *final drive*. Final drive adalah bagian terakhir dari sistem pemindah tenaga yang memindahkan tenaga mesin ke roda belakang.

$$i_t = \frac{n_e}{n_t} = \frac{T_t}{T_e}$$

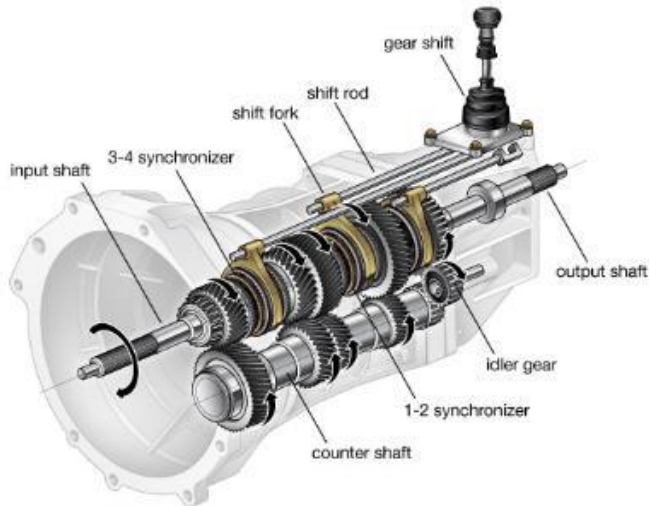
$$\begin{aligned}
 i_g &= \frac{n_t}{n_g} = \frac{T_g}{T_t} \\
 i_{t1} &> i_{t2} > i_{t3} > i_{t4} > i_{t5} \\
 \eta_t &= \frac{T_g}{T_e \cdot i_t \cdot i_g} \\
 T_g &= i_t \cdot i_g \cdot T_e \cdot \eta_t
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Dimana i_t adalah rasio gear, i_g adalah rasio gardan, n_e adalah putaran keluar dari engine, n_t adalah putaran keluar dari gearbox, n_g adalah putaran keluar dari gardan, T_e adalah torsi keluar dari engine, T_t adalah torsi keluar dari gearbox, T_g adalah torsi keluar dari gardan, η_t adalah efisiensi drive train.

Sistem transmisi manual pada gambar 2.3 menggunakan *clutch* yang dioperasikan oleh pengemudi untuk mengatur perpindahan torsi dari mesin menuju transmisi, serta pemindah gigi yang dioperasikan dengan tangan (pada mobil) atau kaki (pada motor). Gigi percepatan dirangkai didalam kotak gigi (*gear box*) untuk beberapa kecepatan, biasanya berkisar antara 3 sampai 6 gigi percepatan maju ditambah dengan 1 gigi mundur (R). Gigi percepatan yang digunakan tergantung kepada kecepatan kendaraan pada kecepatan rendah atau menanjak digunakan gigi percepatan 1 dan seterusnya kalau kecepatan semakin tinggi, demikian pula sebaliknya kalau mengurangi kecepatan maka gigi percepatan juga diturunkan, pengereman dapat dibantu dengan penurunan gigi percepatan.

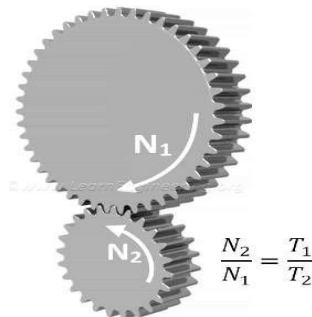


Gambar 2.3 Sistem transmisi manual [1]



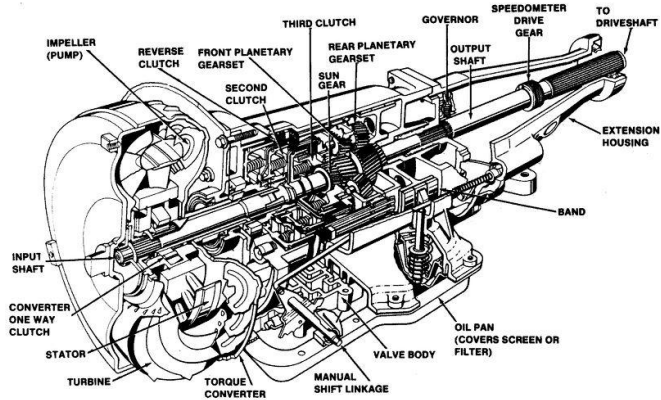
Gambar 2.4 Gearbox transmisi manual [1]

Transmisi manual bekerja pada prinsip yang sederhana dengan menggunakan rasio roda gigi. Sebuah perbedaan output kecepatan dapat dilakukan dengan mengubah rasio roda gigi pada sistem transmisi. Rasio kecepatan dapat direpresentasikan pada gambar 2.5 dimana N adalah kecepatan putar, dan T adalah jumlah gigi.

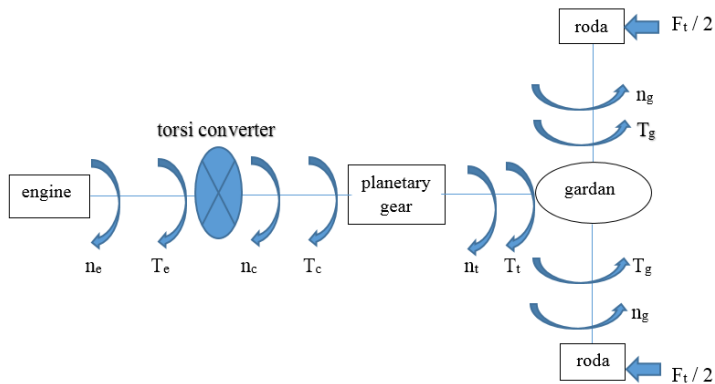


Gambar 2.5 Prinsip dasar rasio gear [2]

2.1.2 Transmisi Otomatis



Gambar 2.6 Transmisi otomatis [1]



Gambar 2.7 skema transmisi otomatis

Transmisi otomatis adalah transmisi yang melakukan perpindahan gigi percepatan secara otomatis. Kecenderungan masyarakat untuk menggunakan transmisi otomatis semakin meningkat dalam beberapa tahun belakangan ini, khususnya mobil-mobil mewah, bahkan type-type tertentu sudah seluruhnya

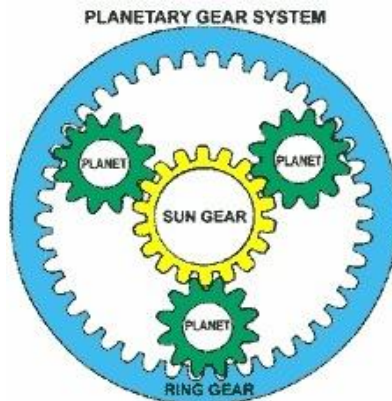
menggunakan transmisi otomatis. Kecenderungan yang sama terjadi juga pada sepeda motor. Skema keseluruhan dari transmisi otomatis ditunjukkan pada gambar 2.7. Perbedaan transmisi manual dengan transmisi otomatis adalah *clutch* digantikan oleh torsi converter dan *gear box* digantikan oleh *planetary gear*.

$$\begin{aligned}
 c_{tr} &= \frac{n_e}{n_c} = \frac{T_c}{T_e} \\
 i_t &= \frac{n_c}{n_t} = \frac{T_t}{T_c} \\
 i_g &= \frac{n_t}{n_g} = \frac{T_g}{T_t} \\
 i_{t1} &> i_{t2} > i_{t3} > i_{t4} \\
 \eta_{TOTAL} &= \frac{T_g}{T_e \cdot i_t \cdot i_g \cdot c_{tr}} \\
 \eta_{TOTAL} &= \eta_t \cdot \eta_c \\
 T_g &= i_t \cdot i_g \cdot c_{tr} \cdot T_e \cdot \eta_t \cdot \eta_c
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Dimana c_{tr} adalah rasio torsi converter, i_t adalah rasio gear, i_g adalah rasio gardan, n_e adalah putaran keluaran dari engine, n_c adalah putaran keluaran dari torsi converter, n_t adalah putaran keluar dari planetary gear, n_g adalah putaran keluar dari gardan, T_e adalah torsi keluar dari engine, T_c adalah torsi keluar dari torsi converter, T_t adalah torsi keluar dari planetary gear, T_g adalah torsi keluar dari gardan, η_t adalah efisiensi drive train, η_c adalah efisiensi torsi converter, η_{TOTAL} adalah efisiensi total dari drive train dan torsi converter. Transmisi yang dipakai pada kendaraan mesin penggerak depan (*Front Wheel Drive*) dibuat lebih kecil dan efisien dibandingkan dengan transmisi yang dipakai pada mesin depan penggerak belakang, karena langsung dihubungkan dengan mesin tanpa melewati poros propeller atau transmisi jenis ini disebut sebagai *transaxle*.

Planetary gear unit dipakai untuk menaikkan dan menurunkan momen mesin, menaikkan dan menurunkan kecepatan kendaraan, dipakai untuk memundurkan kendaraan

dan dipakai untuk bergerak maju. Planetary gear unit terdiri dari planetary gear set, clutch, dan brake. Planetary gear set pada gambar 2.8 terdiri dari beberapa macam gear, yaitu: sun gear, ring gear, maupun planet gear (carrier) atau gigi lain yang beraksi sebagai input dan output menyebabkan terjadinya percepatan, perlambatan dan gerakan mundur.

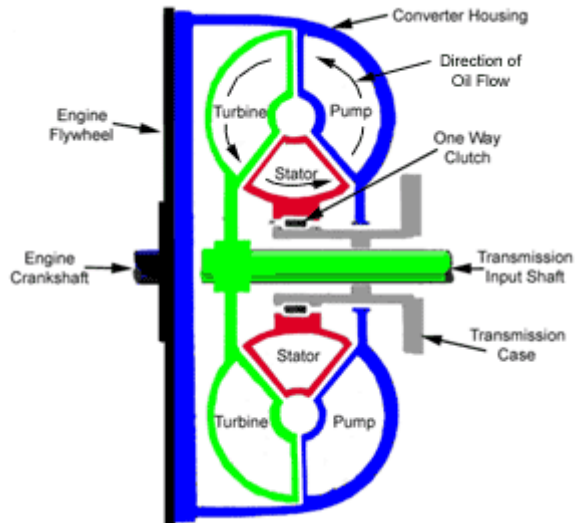


Gambar 2.8 Planetary gear set / system [5]

Torque converter pada gambar 2.9 dipasang pada input shaft dari transmisi otomatis. Pada bagian ini juga terdapat ring gear yang berfungsi sebagai gigi yang berhubungan dengan drive pinion motor starter untuk menghidupkan mesin. Fungsi dari torque converter adalah melipat gandakan momen yang dihasilkan oleh mesin menuju ke transmisi, menyerap getaran mesin, melembutkan putaran mesin, sebagai pompa oli ke hydraulic control system.

Skema torque converter pada gambar 2.8 terdiri atas tiga komponen utama yaitu pump (impeller), turbin (runner), stator (reactor). Pump dan turbin suatu converter mempunyai banyak sudu, masing-masing sudu pump atau turbin dibuat simetris dan dapat dianggap merupakan suatu pipa yang dilengkungkan dan dari dalamnya dialirkan oli yang bertekanan. Pump (impeller) ini

dipasang / dihubungkan dengan flywheel oleh drive case dan digerakkan langsung oleh engine. Jadi begitu engine berputar, maka pump pun akan ikut berputar, sehingga oli yang ada didalamnya akan terlempar karena gaya sentrifugal dan bentuk sudu dari pump itu sendiri.



Gambar 2.9 Torque converter [1]

Transmisi otomatis dikendalikan dengan hanya menngerakkan tuas percepatan ke posisi tertentu. Posisi tuas transmisi otomatis disusun mengikuti format P-R-N-D-3-2-L, sama ada dari kiri ke kanan ataupun dari atas ke bawah. Mesin hanya bisa dihidupkan pada posisi P ataupun N saja. Umumnya moda transmisi otomatis seperti P (*Park*) adalah posisi untuk kendaraan parkir dan transmisi terkunci pada posisi ini sehingga kendaraan tidak bisa didorong, R (*Reverse*) adalah posisi untuk memundurkan kendaraan, N (*Neutral*) adalah posisi gear netral dan hubungan mesin dengan roda dalam keadaan bebas, D (*Drive*) adalah posisi untuk berjalan maju pada kondisi normal, 2/S (*Second*) adalah posisi untuk berjalan maju di medan

pegunungan, dan 1/L (*Low*) adalah posisi maju pada gear ke satu dan hanya digunakan pada saat mengendarai pada medan yang sangat curam. Sedangkan opsionalnya seperti 3 adalah posisi untuk berjalan maju dan transmisi tidak akan berpindah pada posisi gear atas, O/D (*Over Drive*) adalah posisi supaya perpindahan gear pada transmisi terjadi pada putaran mesin yang lebih tinggi.

2.2 Gaya Hambat pada Kendaraan

Gaya hambat kendaraan adalah gaya yang menghambat pergerakan sebuah kendaraan dan berlawanan dengan arah gerak maju kendaraan. Gaya hambat yang terjadi merupakan komponen dari aerodinamika gaya resultan atau gaya dinamika fluida yang bekerja dalam arahnya pergerakan, selain itu gaya hambat yang terjadi merupakan gaya hambat rolling yang terjadi antara permukaan ban dengan jalan. Sehingga Gaya Hambat total dapat dirumuskan melalui persamaan 2.3. Dengan begitu gaya hambat berlawanan dengan arah pergerakan benda, dan dalam sebuah kendaraan yang digerakkan mesin diatasi dengan gaya dorong.

$$F_t = R_a + R_r + W \sin \theta \quad (2.3)$$

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_f \cdot V^2 \quad (2.4)$$

$$R_r = f_r \cdot W \quad \text{pada kondisi jalan menanjak} \quad (2.5)$$

$$R_r = f_r \cdot W \cdot \cos \theta \quad \text{pada kondisi jalan datar}$$

Dimana F_t adalah gaya dorong kendaraan, R_a adalah gaya hambat aerodinamis, R_r adalah gaya hambat rolling, W adalah gaya berat total, ρ adalah massa jenis udara, C_d adalah koefisien drag, A_f adalah luas permukaan bagian depan kendaraan, V adalah kecepatan kendaraan, dan f_r adalah koefisien rolling.

2.2.1 Hambatan Aerodinamis

Salah satu gaya hambat pada kendaraan saat bergerak dengan kecepatan tertentu adalah bentuk kendaraan, dimana jika bentuk kendaraan semakin aerodinamis maka gaya hambat aerodinamis pada kendaraan juga semakin kecil sehingga ini juga

berpengaruh pada performa kendaraan saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Pengertian aerodinamis disini adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat dan karakteristik udara serta gas lainnya dalam keadaan bergerak(angin).

$$C_d = \frac{2 \cdot F_d}{\rho \cdot A_f \cdot V_a^2} \quad (2.6)$$

Dimana C_d adalah koefisien gaya hambat, A_f adalah luas frontal kendaraan, ρ adalah density udara, V_a adalah kecepatan relatif angin terhadap kendaraan. Tabel 2.1 merupakan referensi untuk koefisien hambat tentang bentuk bodi kendaraan yang mempengaruhi gaya hambat aerodinamis.

Tabel 2.1 Koefisien Hambat Aerodinamis Kendaraan [1]

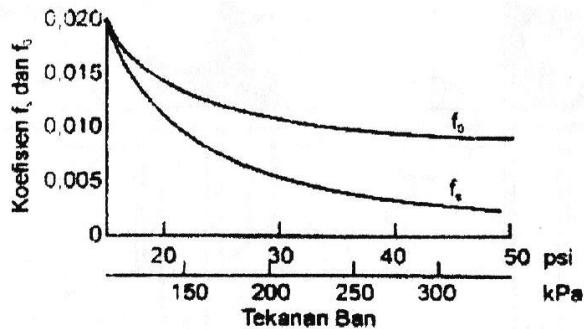
No	jenis kendaraan	koefisien hambat
1	kendaraan penumpang	0,3 - 0,6
2	kendaraan convertible	0,4 - 0,65
3	kendaraan balap	0,25 - 0,3
4	Bus	0,6 - 0,7
5	Truck	0,8 – 1
6	tractor – trailer	0,8 - 1,3
7	sepeda motor + pengendara	1,8

2.2.2 Rolling Resistance antara Ban dan Jalan

Gaya hambat pada kendaraan salah satunya juga disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara permukaan ban dan jalan dimana yang lebih dikenal dengan rolling resistance dimana faktor ini juga sangat mempengaruhi performa kendaraan saat bergerak, jika gesekan antara permukaan ban dan jalan semakin kecil maka hal ini juga mempengaruhi performa kendaraan. Tabel 2.2 adalah nilai rata-rata dari koefisien hambatan rolling untuk berbagai jenis ban kendaraan dan berbagai kondisi jalan untuk perhitungan rolling resistance kendaraan.

Tabel 2.2 Nilai rata-rata dari koefisien hambatan rolling untuk berbagai jenis ban kendaraan dan berbagai kondisi jalan [1]

No	Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
		Beton	Keras/Aspal	Pasir
1	Kendaraan Penumpang	0,015	0,08	0,3
2	Truk	0,012	0,06	0,25
3	Traktor	0,02	0,04	0,2



Gambar 2.10 Pengaruh tekanan ban pada f_0 dan f_s [1]

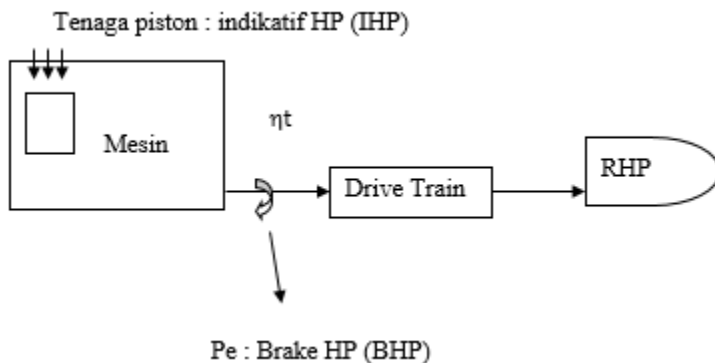
Dari hasil eksperimen J.J. Taborek pada gambar 2.10 dihasilkan dua rumus dasar yaitu persamaan 2.7 dan 2.8 untuk harga koefisien hambatan rolling, yang mana pada eksperimen ini mengambil tekanan ban dan kecepatan kendaraan sebagai parameter pokok. Dimana f_r adalah koefisien rolling, f_0 dan f_s adalah koefisien yang tergantung pada tekanan ban, dan V adalah kecepatan kendaraan dalam km/jam. Dimana persamaan 2.8 untuk tekanan ban sekitar 26 psi dan kecepatan kendaraan sampai 128 km/jam.

$$f_r = f_0 + f_s \left(\frac{V}{100} \right)^{2.5} \quad (2.7)$$

$$f_r = 0.01 \left(1 + \frac{V}{100} \right) \quad (2.8)$$

2.3 Gaya Dorong Kendaraan sebagai Input Traksi Kendaraan

Skema aliran transformasi daya dari mesin ke roda ditunjukkan pada gambar 2.11. Dimana tenaga piston biasa disebut indikatif HP, ini dihasilkan langsung oleh proses pembakaran dalam ruang bakar. Dari IHP setelah melewati poros engkol kemudian keluar ke poros utama mesin akan disebut BHP yakni brake horse power. Daya yang disalurkan dari mesin akan masuk ke drive train. Dalam drive train terdapat efisiensi yang mengakibatkan daya berkurang. Dari drive train akan berpindah ke roda. Daya di roda disebut RHP. RHP ini merupakan kebutuhan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Daya disini bisa kita turunkan menjadi gaya, sehingga bisa diketahui berapa gaya penggerak kendaraan atau biasa disebut F_{trust} (F_t).



Gambar 2.11 Skema Aliran Daya Mesin

Gaya Dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan, gaya dorong ini dihasilkan dari daya yang dihasilkan oleh kendaraan melalui sistem transmisi sehingga roda bisa bergerak. Untuk perumusan gaya dorong dapat dicari dengan persamaan 2.9. Selain itu untuk mencari nilai F_t juga bisa dilakukan dynotest pada kendaraan. Dimana T_e adalah torsi mesin, T_r adalah torsi roller, i_t adalah rasio transmisi, i_g adalah rasio diferensial atau gardan, c_{tr} adalah rasio torsi converter η_t adalah

efisiensi transmisi, η_c adalah efisiensi torsi converter, r adalah jari jari roda.

$$F_t = \frac{T_r}{r_r} = \frac{T_e \cdot i_t \cdot i_g \cdot \eta_c}{r} \quad (2.9)$$

2.4 Percepatan yang dapat dihasilkan

Salah satu parameter yang amat penting untuk menggambarkan kemampuan laju kendaraan adalah percepatan yang mampu dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Semakin mudah kendaraan dipercepat atau semakin tinggi percepatan yang dihasilkan oleh kendaraan pada setiap kecepatan semakin bagus kinerja laju kendaraan tersebut. Secara umum besarnya percepatan kendaraan pada jalan datar dapat dirumuskan pada persamaan 2.10. Dimana M adalah massa total kendaraan, γ_m adalah faktor massa dari komponen yang berputar, i_0 adalah rasio perbandingan putaran dengan roda penggerak, i_t adalah rasio gear, i_g adalah rasio diferensial atau gardan, dan c_{tr} adalah rasio torsi converter

$$a = \frac{F_t - R_a - R_r}{\gamma_m \cdot M} \quad (2.10)$$

$$\gamma_m = 1,04 + 0,0025(i_0)^2 \quad (2.11)$$

$$i_0 = i_t \times i_g \quad \text{untuk transmisi manual} \quad (2.12)$$

$$i_0 = i_t \times i_g \times c_{tr} \quad \text{untuk transmisi otomatis} \quad (2.13)$$

2.5 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan berhubungan erat dengan putaran mesin. Putaran dari mesin menentukan kecepatan dari kendaraan. Adapun hubungan kecepatan kendaraan dan putaran mesin dirumuskan dalam persamaan 2.14. Dimana V adalah kecepatan kendaraan, n_e adalah kecepatan putar keluar dari mesin, n_g adalah kecepatan putar keluar dari gardan / roda, s adalah slip pada ban kendaraan (2-5%), dan r adalah jari-jari roda.

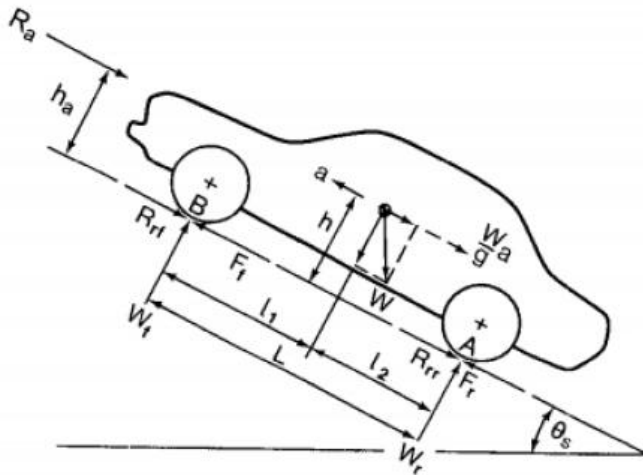
$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_e \cdot r}{60 \cdot i_t \cdot i_g} (1 - s) \cdot 3,6 \quad \text{untuk transmisi manual} \quad (2.14)$$

$$v = \frac{2\pi n_e r}{60 i_t i_g c_{tr}} (1 - s) \cdot 3,6$$

untuk transmisi otomatis

2.6 Tanjakan Maksimum (θ_{\max})

Tanjakan maksimum adalah sudut tanjak untuk kecepatan tertentu tanpa ada percepatan atau perlambatan. Diagram beda bebas kendaraan saat menanjak ditunjukkan pada gambar 2.12. Mencari sudut tanjakan maksimum dirumuskan pada persamaan 2.15. Dimana ρ adalah densitas udara, C_d adalah koefisien drag aerodinamis, A_f adalah luas penampang frontal kendaraan, $T_{e \max}$ adalah torsi mesin maksimum, F_r adalah koefisien rolling hambatan, θ_{\max} adalah sudut tanjak maksimum, i_t adalah rasio transmisi, i_g adalah rasio diferensial atau gardan, c_{tr} adalah rasio torsi converter, η_t adalah efisiensi transmisi, dan η_c adalah efisiensi torsi converter.



Gambar 2.12 Diagram benda bebas kendaraan saat menanjak [3]

$$F_t = R_{rf} + R_{rr} + R_a + W \sin \theta$$

$$F_t = R_r + R_a + W \sin \theta$$

$$\begin{aligned}
 F_t &= \frac{T_e \cdot i_t \cdot i_g \cdot \eta_t}{r} \\
 R_a &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_f \cdot V^2 \\
 R_r &= f_r \cdot W \cdot \cos \theta \\
 \frac{T_e \cdot i_t \cdot i_g \cdot \eta_t}{r} &= f_r \cdot W \cdot \cos \theta + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_f \cdot V^2 + W \sin \theta \\
 V &= \sqrt{\frac{\frac{i_t \cdot i_g \cdot T_{e \max}}{r} \cdot \eta_t - f_r \cdot W \cos \theta - W \sin \theta}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A}} \\
 \theta &= \arcsin \frac{F_t - R_r - R_a}{W}
 \end{aligned} \tag{2.15}$$

2.7 Karakteristik Kinerja Torsi Converter

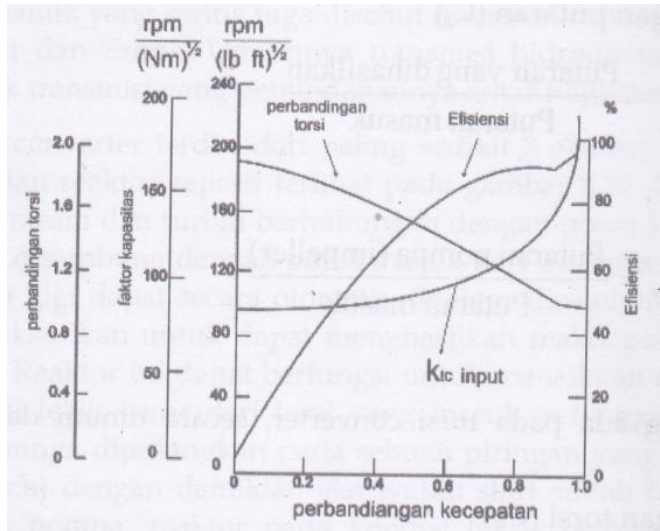
Karakteristik kinerja dari torsi converter secara umum dapat dipresentasikan dalam 4 parameter utama yaitu perbandingan putaran, perbandingan torsi, efisiensi, dan faktor kapasitas yang mana dirumuskan dalam persamaan 2.16, 2.17, 2.18, dan 2.19. Dimana C_{sr} adalah perbandingan putaran, C_{tr} adalah perbandingan torsi, η_c adalah efisiensi torsi converter, dan K_{tc} adalah faktor kapasitas. Dari sifat yang ada pada torsi converter, secara umum dapat dikatakan C_{sr} bersifat fleksibel. Karena sifat dari torsi converter untuk menaikkan torsi yang di hasilkan menjadi lebih besar dari torsi yang masuk, maka C_{tr} bersifat fleksibel dan dapat menghasilkan C_{tr} yang lebih besar dari 1,0.

$$C_{sr} = \frac{\text{Putaran yang dihasilkan}}{\text{putaran masuk}} \tag{2.16}$$

$$C_{tr} = \frac{\text{Torsi yang dihasilkan}}{\text{Torsi yang masuk}} \tag{2.17}$$

$$\eta_c = C_{sr} \cdot C_{tr} \tag{2.18}$$

$$K_{tc} = \frac{\text{Putaran yang di hasilkan}}{\sqrt{\text{Torsi yang di hasilkan}}} \tag{2.19}$$



Gambar 2.13 Karakteristik kinerja torsi converter [1]

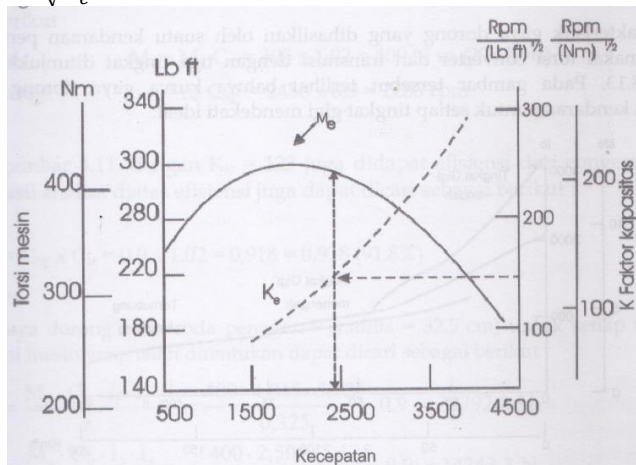
Faktor kapasitas atau sering disebut faktor ukuran adalah menunjukkan kemampuan torsi converter untuk menyerap atau mentransmisikan torsi. Dimana torsi yang dapat di hasilkan oleh torsi converter adalah sebanding dengan kuadrat putaran yang dihasilkan. Karakteristik kinerja dari suatu torsi converter dapat dilihat pada gambar 2.13. Dalam gambar tersebut di plotkan perbandingan torsi (C_{tr}), efisien (η_c), faktor kapasitas (K_{ic}) sebagai fungsi dari perbandingan putaran (C_{sr}). Terlihat bahwa perbandingan torsi maksimum terjadi pada saat putaran minimum dan mengecil dengan naiknya putaran dan minimum adalah 1,0. Pada kondisi seperti ini masih terjadi perbedaan antara putaran input dan output pada torsi converter karena terjadi sedikit slip.

Efisiensi dari torsi converter minimum (nol) terjadi pada saat mesin berhenti dan maksimum terjadi pada saat torsi converter bersifat sebagai kopling fluida. Faktor kapasitas menggambarkan kesesuaian antara mesin dan converter, untuk kesesuaian yang tepat maka faktor kapasitas dari torsi converter minimum terjadi

pada saat mesin berhenti dan meningkat dengan meningkatnya kecepatan.

Karena torsi converter digerakkan oleh mesin, untuk mendapatkan kondisi operasi yang tepat dari converter maka titik operasi dari mesin harus di tentukan. Untuk karakteristik dari kondisi operasi mesin agar dapat dikombinasikan secara tepat dengan converter maka di tetapkan faktor kapasitas dari mesin (K_e) dengan persamaan 2.20.

$$K_e = \frac{n_e}{\sqrt{M_e}} \quad (2.20)$$



Gambar 2.14 Faktor kapasitas dari mesin [1]

Dimana n_e dan M_e adalah putaran dan torsi dari mesin. Variasi dari besar faktor kapasitas suatu mesin tertentu terhadap putaran mesin ditunjukkan pada gambar 2.14. Untuk mendapatkan kombinasi yang tepat antara mesin dan converter, maka keduanya harus mempunyai ruang faktor kapasitas yang sama.

$$K_e = K_{tc} \quad (2.21)$$

Dalam memilih torsi converter, pertama harus ditetapkan kecepatan dan torsi dari mesin. Dengan mengetahui kecepatan dan torsi dari mesin maka dapat diketahui faktor kapasitas dari mesin (K_e). Karena faktor kapasitas mesin sama dengan faktor kapasitas torsi converter, maka dapat dihitung faktor kapasitas dari torsi

converter yang sesuai dengan titik operasi dari mesin. Untuk nilai yang tertentu dari K_{tc} , dengan kurva dari kinerja torsi converter gambar 2.14 didapat perbandingan kecepatan dan perbandingan torsi dari converter. Dengan mengetahui kecepatan dan torsi masuk pada converter yaitu kecepatan mesin (n_e) dan torsi mesin (M_e), maka dapat dicari kecepatan (n_{tc}) dan torsi output (M_{tc}) dari torsi converter.

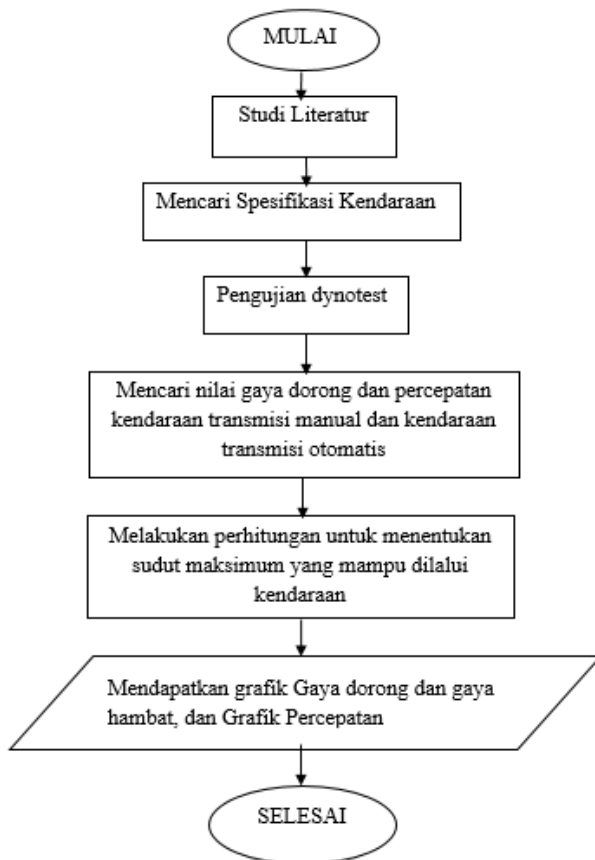
$$n_{tc} = n_e \cdot C_{sr} \quad (2.22)$$

$$M_{tc} = M_e \cdot C_{tr} \quad (2.23)$$

BAB III

METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Studi Literatur

Langkah awal didalam melakukan penelitian ini adalah merumuskan permasalahan-permasalahan yang ada dan kemudian mencari ide serta solusi atas permasalahan tersebut. Setelah itu memulai mengkaji studi literatur dan studi pustaka terkait teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3.3 Spesifikasi Kendaraan

Tabel 3.1 Perbandingan spesifikasi Toyota Agya G AT dengan Agya G MT

DIMENSION		Agya G AT	Agya G MT
Overall Length	mm	3,600	3,600
Overall width	mm	1,620	1,620
Overall Height	mm	1,520	1,520
Wheelbase	mm	2,450	2,450
Tread Front	mm	1,410	1,410
Tread Rear	mm	1,405	1,405
Curb Weight (kg)		800	800
CHASIS			

Transmission	4 Automatic Super ECT	5 Speed Manual
Gear Ratio 1st	2.731	3.417
Gear Ratio 2nd	1.96	1.526
Gear Ratio 3rd	1	1.25
Gear Ratio 4th	0.696	0.865
Gear Ratio 5th	-	0.707
Reverse Gear Ratio	2.29	3.143
Differential Ratio	4.485	4.643
SUSPENSION		
Front Suspension	MacPherson Struts with Coil Spring	MacPherson Struts with Coil Spring
Rear Suspension	Torsion Beam with Coil Spring	Torsion Beam with Coil Spring
BRAKE		
Front Brake	Disc	Disc
Rear Brake	Drum 165	Drum 165
Additional Brake	-	-

WHEEL & TIRE			
Tire Size		175 / 65 R14 with Alloy Wheel	175 / 65 R14 with Alloy Wheel
ENGINE			
Engine Type		IL 3 Cyl, 12 V DOHC	IL 3 Cyl, 12 V DOHC
Displacement	Cc	998	998
Bore x Stroke	mm x mm	71.0 x 84.0	71.0 x 84.0
Max. Power	ps/rpm	65.3/6,000	65.3/6,000
Max. Torque	kgm/rpm	88/3,600	88/3,600
Tank Capacity	L	33	33
Fuel System		EFI	EFI
Fuel Type		Unleaded Gasoline	Unleaded Gasoline

3.4 Parameter Pengujian

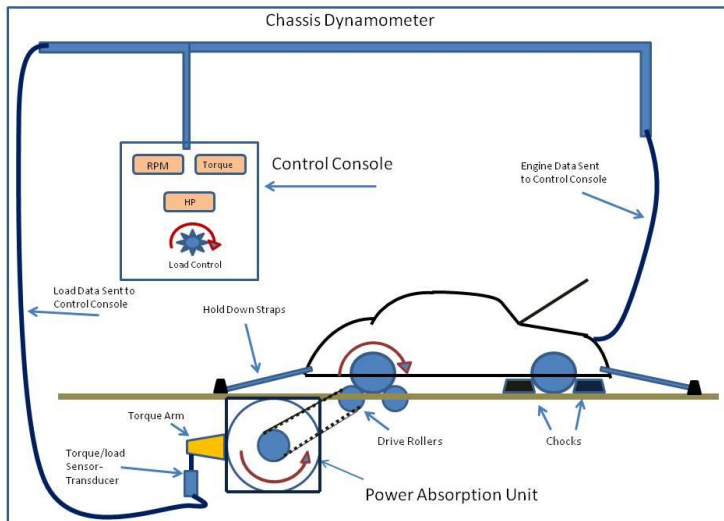
Kendaraan

Kendaraan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah mobil Toyota Agya G MT dan Agya G AT yang sesuai standar pabrik, seperti di tunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Toyota agya

Pengambilan Data



Gambar 3.3 Skema dynotest [4]

Proses pengambilan data di lakukan seperti gambar 3.3 untuk mendapatkan nilai torsi, putaran, dan daya pada roller. Dynotest di lakukan di dua tempat yang berbeda, yaitu: 1) Laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar (TPBB) Jurusan Teknik Mesin ITS untuk Toyota Agya G MT 2) Bengkel Jangkar Miring di Keputih Sukolilo Surabaya untuk Toyota Agya G AT.

3.5 Langkah Pengujian

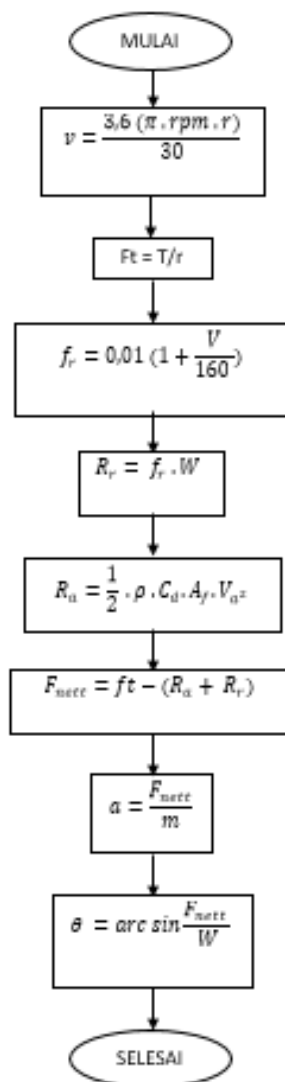
1. Kendaraan Agya G MT dengan kondisi standar pabrik. Kendaraan harus lengkap kondisinya tanpa ada kekurangan part agar karakteristik kendaraan seperti Cd bodi tidak berubah.
2. Kendaraan Agya G MT diuji dengan gigi percepatan 1, 2, 3, dan 4 untuk mendapatkan nilai torsi, rpm, dan daya pada roda penggerak kendaraan dengan dilakukan dynotest.
3. Hasil dynotest diolah kemudian dijadikan nilai gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan.
4. Mencari nilai sudut tanjakan maksimum yang mampu dilalui oleh kendaraan dengan dilakukan analisa gaya hambat pada kendaraan dengan nilai F_t sebagai input gaya.
5. Mencari nilai percepatan tiap perubahan kecepatan.
6. Kendaraan Agya G AT dengan kondisi standar pabrik. Kendaraan harus lengkap kondisinya tanpa ada kekurangan part agar karakteristik kendaraan seperti Cd bodi tidak berubah.
7. Kendaraan Agya G AT diuji dengan gigi percepatan 1, 2, dan 3 untuk mendapatkan nilai torsi, rpm, dan daya pada roda penggerak kendaraan dengan dilakukan dynotest.
8. Mengulangi langkah 3-5 dengan menggunakan kendaraan Agya G AT.

9. Membandingkan nilai gaya dorong dari kedua kendaraan dan mencari penyebab perbedaan jika terdapat perbedaan pada hasilnya.
10. Membandingkan sudut tanjakan maksimum yang mampu dilalui oleh kedua kendaraan dan mencari penyebab perbedaan jika terdapat perbedaan pada hasilnya.
11. Membandingkan percepatan dari kedua kendaraan dan mencari penyebab perbedaan jika terdapat perbedaan pada hasilnya.

3.6 Flowchart Perhitungan

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. flowchart mengenai tahap perhitungan setelah melakukan pengujian dynotest :

1. Mencari besarnya nilai kecepatan dari kendaraan Agya G MT dan Agya G AT dengan input hasil dynotest berupa putaran roller.
2. Mencari nilai gaya dorong dari kendaraan Agya G MT dan Agya G AT dengan input hasil dynotest berupa putaran roller.
3. Mencari koefisien rolling resistance untuk Agya G MT dan Agya G AT.
4. Mencari rolling resistance untuk Agya G MT dan Agya G AT.
5. Mencari gaya hambat angin aerodinamis untuk Agya G MT dan Agya G AT.
6. Mencari traksi bersih yang dihasilkan Agya G MT dan Agya G AT.
7. Mencari percepatan yang dihasilkan dari kendaraan Agya G MT dan Agya G AT.
8. Mencari sudut tanjakan maksimum yang mampu ditempuh pada kecepatan konstan dari kendaraan Agya G MT dan Agya G AT.



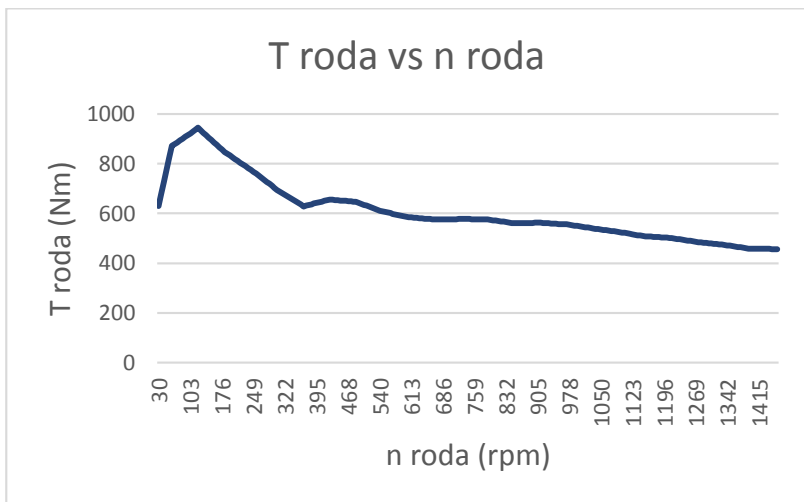
Gambar 3.4 Flowchart Perhitungan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Grafik Torsi Roda Kendaraan

4.1.1 Grafik Torsi Roda Toyota Agya G MT



Gambar 4.1 Grafik Torsi Roda Toyota Agya G MT

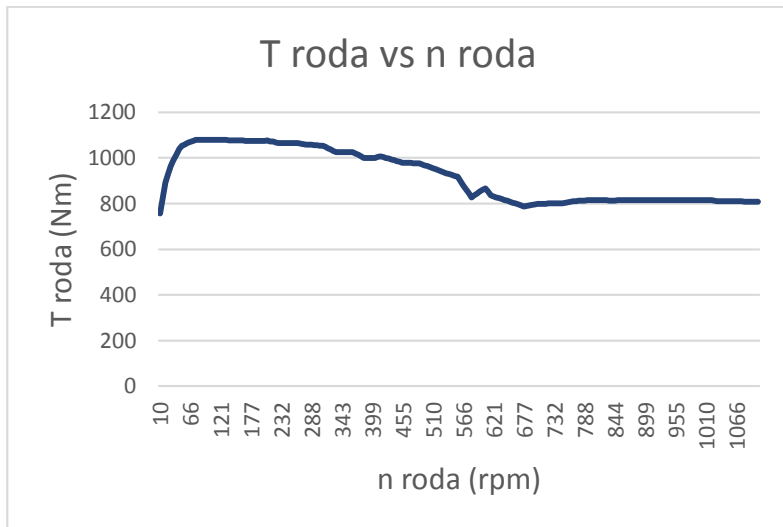
Dari gambar 4.1 dapat dilihat *trandline* dari torsi roda sebagai fungsi dari putaran roda. Pada grafik di atas, nilai torsi saat gigi 1 mulai terjadi pada putaran 50 rpm sampai putaran 600 rpm. Nilai torsi ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya dari putaran 50 rpm sampai putaran 200 rpm. Setelah melalui putaran 200 rpm, *trandline* dari torsi ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Torsi akan mengalami penurunan nilai sampai putaran 600 rpm dengan *trandline* yang sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari putaran 50 rpm sampai 200 rpm. Nilai torsi saat gigi

2 terjadi pada putaran 610 rpm sampai putaran 1130 rpm, nilai torsi saat gigi 3 terjadi pada putaran 1140 rpm sampai putaran 1460 rpm, dan nilai torsi saat gigi 4 terjadi pada putaran 1470 rpm sampai putaran 2400 rpm.

Pada saat pengujian dynotest di laboratorium TPBB Jurusan Teknik Mesin ITS penempatan sensor terdapat pada roller, sehingga torsi dan putaran yang terbaca adalah torsi dan putaran dari roller dimana jari-jari roller adalah 0,10795 m. Hasil pengujian ini diasumsikan tidak ada slip yang terjadi antara roller dengan roda dari kendaraan, kemudian torsi dan putaran dari roller di konversi menjadi torsi dan putaran dari roda. Sebenarnya proses bisa dilakukan melalui simulasi software, namun agar mendekati hasil nyata maka dilakukan pengujian *dyno test*. Hasil dari pengujian memunculkan nilai torsi roda sebagai fungsi dari putaran roda.

Secara ideal grafik torsi pada kendaraan akan bermula dari torsi yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan torsi secara halus sampai kecepatan tingginya untuk setiap tingkatan gigi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi torsi ideal. Grafik diatas bermula dari torsi yang rendah kemudian mengalami kenaikan untuk setiap tingkatan gigi. Untuk kondisi penurunan torsi setiap tingkatan gigi ini tidak berbeda dengan kondisi ideal, namun pada kondisi torsi awal setiap tingkatan gigi memiliki perbedaan dengan karakteristik torsi ideal pada kendaraan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain. Kondisi kendaraan yang mempengaruhi perbedaan hasil bisa terjadi misalnya kondisi kendaraan setelah di *tune up* berbeda dengan kondisi kendaraan yang belum di *tune up*. Bahan bakar sangat mempengaruhi hasil pengujian karena bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang berbeda.

4.1.2 Grafik Torsi Roda Toyota Agya G AT



Gambar 4.2 Grafik Torsi Roda Toyota Agya G AT

Dari gambar 4.2 dapat dilihat *trandline* dari torsi sebagai fungsi dari putaran. Pada grafik diatas, nilai torsi saat gigi 1 mulai terjadi pada putaran 10 rpm sampai putaran 575 rpm. Nilai torsi ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya dari 10 rpm sampai 90 rpm. Dan setelah melalui 90 rpm, *trandline* dari torsi ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Torsi akan mengalami penurunan nilai sampai 575 rpm dengan *trandline* yang sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari 10 rpm sampai 90 rpm. Nilai torsi saat gigi 2 terjadi pada putaran 580 rpm sampai putaran 670 rpm, dan nilai torsi saat gigi 3 terjadi pada putaran 675 rpm sampai putaran 1095 rpm.

Pada saat pengujian dynotest di bengkel Jangkar Miring penempatan sensor terdapat pada roller, sehingga torsi dan putaran yang terbaca adalah torsi dan putaran dari roller dimana jari-jari roller adalah 0,176 m. Hasil pengujian ini diasumsikan tidak ada

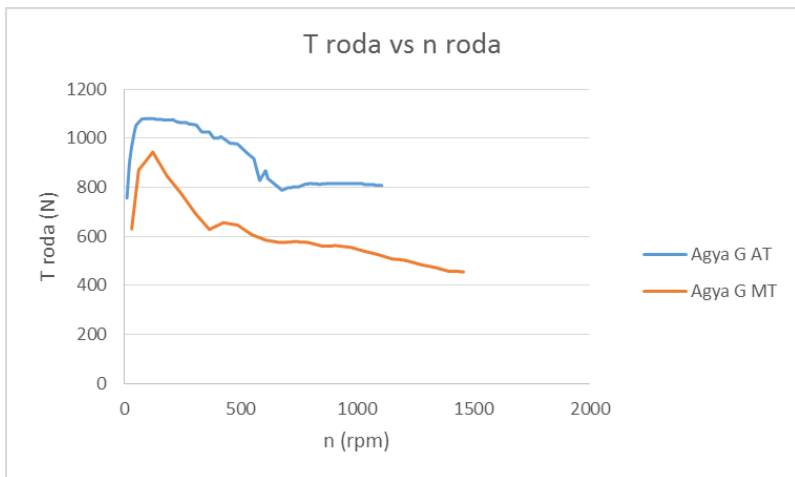
slip yang terjadi antara roller dengan roda dari kendaraan, kemudian torsi dan putaran dari roller di konversi menjadi torsi dan putaran dari roda. Sebenarnya proses bisa dilakukan melalui simulasi software, namun agar mendekati hasil nyata maka dilakukan pengujian *dyno test*. Hasil dari pengujian memunculkan nilai torsi roda sebagai fungsi dari putaran roda.

Secara ideal grafik torsi pada kendaraan akan bermula dari torsi yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan torsi secara halus sampai kecepatan tingginya untuk setiap tingkatan gigi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi torsi ideal. Grafik diatas bermula dari torsi yang rendah kemudian mengalami kenaikan untuk setiap tingkatan gigi. Untuk kondisi penurunan torsi setiap tingkatan gigi ini tidak berbeda dengan kondisi ideal, namun pada kondisi torsi awal setiap tingkatan gigi memiliki perbedaan dengan karakteristik torsi ideal pada kendaraan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain. Kondisi kendaraan yang mempengaruhi perbedaan hasil bisa terjadi misalnya kondisi kendaraan setelah di *tune up* berbeda dengan kondisi kendaraan yang belum di *tune up*. Bahan bakar sangat mempengaruhi hasil pengujian karena bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang berbeda.

4.1.3 Grafik Perbandingan Torsi Roda Toyota Agya G MT dengan Toyota Agya G AT

Dari gambar 4.3 dapat dilihat *trandline* dari torsi roda sebagai fungsi dari putaran roda. Pada grafik di atas, nilai torsi saat gigi 1 mulai terjadi pada putaran 50 rpm sampai putaran 600 rpm. Nilai torsi ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya dari putaran 50 rpm sampai putaran 200 rpm. Setelah melalui putaran 200 rpm, *trandline* dari torsi ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Torsi akan

mengalami penurunan nilai sampai putaran 600 rpm dengan *trandline* yang sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari putaran 50 rpm sampai 200 rpm. Nilai torsi saat gigi 2 terjadi pada putaran 610 rpm sampai putaran 1130 rpm, nilai torsi saat gigi 3 terjadi pada putaran 1140 rpm sampai putaran 1460 rpm, dan nilai torsi saat gigi 4 terjadi pada putaran 1470 rpm sampai putaran 2400 rpm.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Torsi Roda Toyota Agya G MT dengan Toyota Agya G AT

Dari gambar 4.3 dapat dilihat *trandline* dari torsi sebagai fungsi dari putaran. Pada grafik diatas, nilai torsi saat gigi 1 mulai terjadi pada putaran 10 rpm sampai putaran 575 rpm. Nilai torsi ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya dari 10 rpm sampai 90 rpm. Dan setelah melalui 90 rpm, *trandline* dari torsi ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Torsi akan mengalami penurunan nilai sampai 575 rpm dengan *trandline* yang sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari 10 rpm sampai 90 rpm. Nilai torsi saat gigi 2 terjadi pada putaran 580 rpm sampai putaran 670 rpm, dan

nilai torsi saat gigi 3 terjadi pada putaran 675 rpm sampai putaran 1095 rpm.

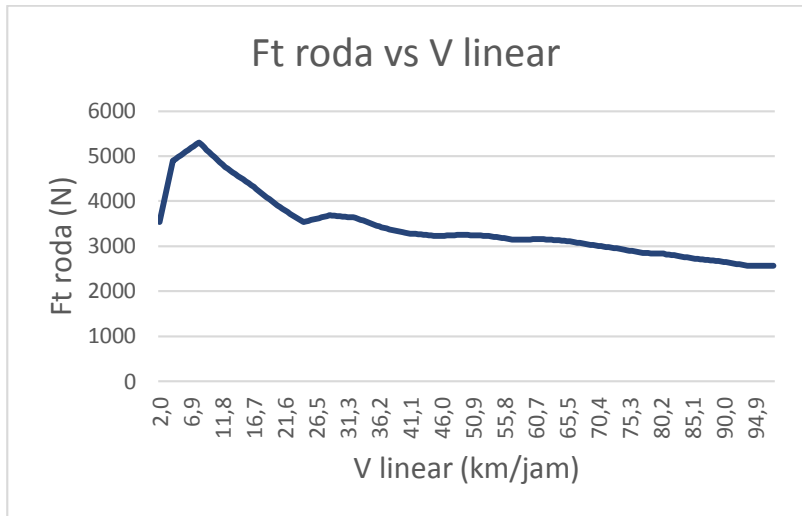
Dari kedua grafik diatas dapat dilihat adanya perbedaan *trandline* tidak sama. Pada Agya G MT torsi roda paling tinggi ada pada putaran roda 121 rpm sementara pada Agya G AT percepatan paling tinggi terjadi pada putaran roda 91 rpm. Untuk nilai torsi roda dari kedua kendaraan juga terdapat perbedaan. Pengaruh yang terasa adalah pada Agya G AT mempunyai torsi roda yang lebih besar daripada Agya G MT. Jika dilihat dari sumber mesin serta dinamika kendaraan yang cenderung sama, maka ada perbedaan pada salah satu komponen yang menyebabkan Agya G AT memiliki performa yang lebih bagus. Kedua kendaraan memiliki mesin yang serupa, sistem pembakaran yang serupa juga, kemudian dinamika kendaraan juga serupa, maka terdapat perbedaan pada sistem transmisi yang menyebabkan perbedaan performa. Transmisi pada Agya G AT bisa dikatakan lebih efektif dalam proses mentransfer tenaga yang diberikan oleh mesin ke roda untuk menggerakkan kendaraan.

4.2 Grafik Gaya Dorong Kendaraan

4.2.1 Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G MT

Dari gambar 4.4 dapat dilihat *trandline* dari gaya dorong Agya G MT sebagai fungsi dari kecepatan. Gaya dorong yang terukur merupakan gaya dorong yang ada pada roda setelah melalui proses *dyno test*. Pada grafik diatas, nilai gaya dorong pada gigi 1 mulai terjadi pada kecepatan 2 km/jam. Nilai gaya dorong ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya. Peningkatan akan terus terjadi sampai kecepatan 8,1 km/jam. Dan setelah melalui kecepatan 8,1 km/jam, *trandline* dari gaya dorong ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Gaya dorong pada gigi 1 akan mengalami penurunan nilai sampai kecepatan 24,4 km/jam dengan *trandline* yang cenderung sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami

kenaikan dari 2 km/jam sampai 8,1 km/jam. Nilai gaya dorong pada gigi 2 terjadi pada kecepatan 24,4 km/jam sampai 46,4 km/jam, nilai gaya dorong pada gigi 3 terjadi pada kecepatan 46,4 km/jam sampai 59,8 km/jam, dan nilai gaya dorong pada gigi 4 terjadi pada kecepatan 59,8 km/jam sampai 97,7 km/jam.



Gambar 4.4 Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G MT

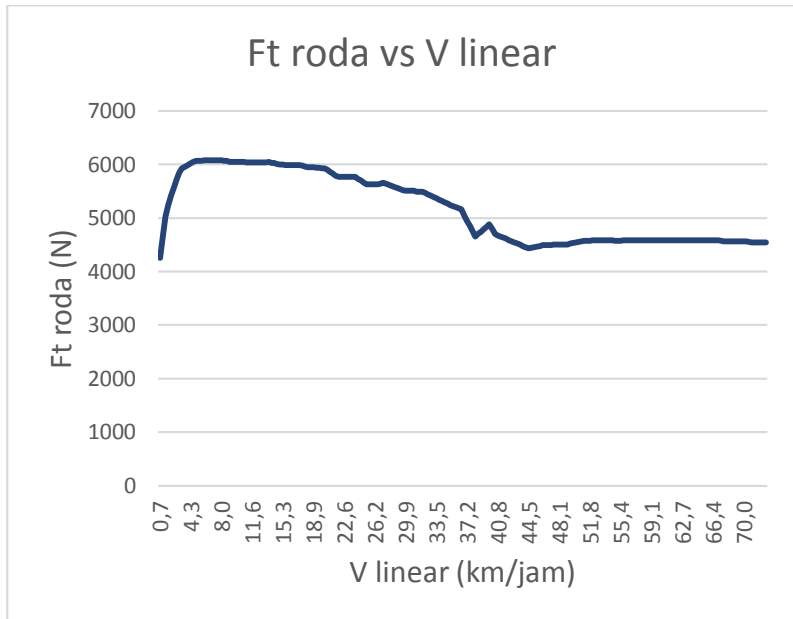
Proses mendapatkan gaya dorong ini melalui uji *dyno test* kendaraan Toyota Agya G MT. Data yang didapat dari *dyno test* berupa besaran Torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini diambil data torsi yang nantinya dirubah menjadi Gaya dorong (Ft) sebagai fungsi dari kecepatan. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi roller terhadap jari jari roller saat uji *dyno test* dan sebagai perumusannya $F_{t_{roda}} = T_{roda} / r_{roda}$. Sementara untuk kecepatan kendaraan didapat melalui konversi putaran roda menjadi kecepatan linear dengan rumus $V = 3,6 \times n \times r_{roda} \times (\phi/30)$. Setelah didapat kedua data baru maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong roda sebagai fungsi dari kecepatan linear.

Secara ideal grafik gaya dorong pada kendaraan akan bermula dari gaya dorong yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan gaya dorong secara halus sampai kecepatan tingginya untuk setiap tingkatan gigi. Dari grafik di atas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi gaya dorong ideal. Grafik diatas bermula dari gaya dorong yang rendah kemudian mengalami kenaikan untuk setiap tingkatan giginya. Untuk kondisi penurunan gaya dorong setiap tingkatan gigi ini tidak berbeda dengan kondisi ideal, namun pada kondisi gaya dorong awal setiap tingkatan gigi memiliki perbedaan dengan karakteristik gaya dorong ideal pada kendaraan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain. Kondisi kendaraan yang mempengaruhi perbedaan hasil bisa terjadi misalnya kondisi kendaraan setelah di *tune up* berbeda dengan kondisi kendaraan yang belum di *tune up*. Bahan bakar sangat mempengaruhi hasil pengujian karena bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang berbeda akan menghasilkan pembakaran yang berbeda pula sehingga hal ini mengakibatkan gaya dorong yang dihasilkan juga berbeda. Untuk faktor yang ketiga yakni *human error* tentu menjadi penyebab berbedanya hasil pengujian karena kesalahan operator sangat mempengaruhi hasil pengujian.

4.2.2 Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G AT

Dari gambar 4.5 dapat dilihat *trandline* dari gaya dorong Toyota Agya G AT sebagai fungsi dari kecepatan. Gaya dorong yang terukur merupakan gaya dorong yang ada pada roda setelah melalui proses *dyno test*. Pada grafik diatas, nilai gaya dorong pada gigi 1 mulai terjadi pada kecepatan 0,7 km/jam. Nilai gaya dorong ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya. Peningkatan akan terus terjadi sampai kecepatan 6 km/jam. Dan setelah melalui kecepatan 6 km/jam, *trandline* dari gaya dorong ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Gaya dorong pada gigi 1 akan mengalami

penurunan nilai sampai kecepatan 38,2 km/jam dengan *trandline* yang cenderung landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari 0,7 km/jam sampai 6 km/jam. Nilai gaya dorong pada gigi 2 terjadi pada kecepatan 38,2 km/jam sampai 44,5 km/jam, nilai gaya dorong pada gigi 3 terjadi pada kecepatan 44,5 km/jam sampai 72,7 km/jam.



Gambar 4.5 Grafik Gaya Dorong Toyota Agya G AT

Proses mendapatkan gaya dorong ini melalui uji *dyno test* kendaraan Agya G AT. Data yang didapat dari *dyno test* berupa besaran Torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini diambil data torsi yang nantinya dirubah menjadi Gaya dorong (Ft) sebagai fungsi dari kecepatan. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi roller terhadap jari jari roller saat uji *dyno test* dan sebagai perumusannya $F_t = T/r$. Sementara untuk kecepatan kendaraan didapat melalui konversi putaran roda menjadi kecepatan linear dan sebagai perumusannya $V = 3,6 \times n \times x$

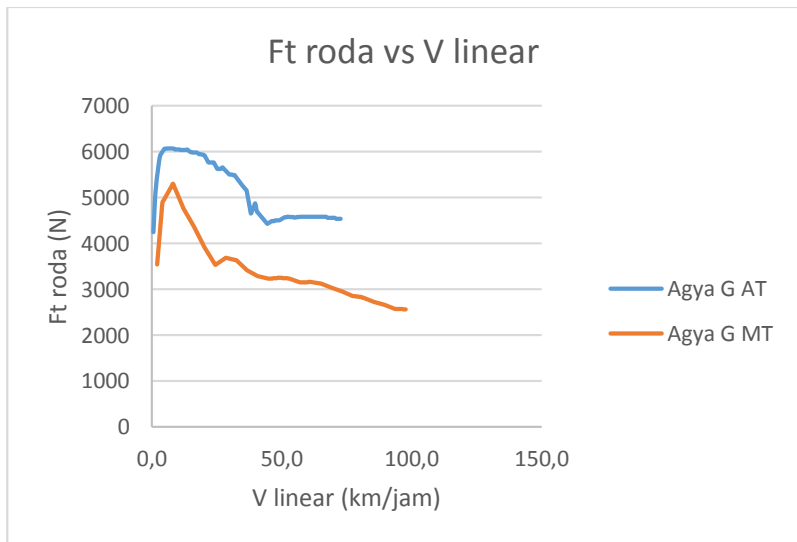
$r_{roda} \times (\phi/30)$. Setelah didapat kedua data baru maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong roda sebagai fungsi dari kecepatan linear.

Secara ideal grafik gaya dorong pada kendaraan akan bermula dari gaya dorong yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan gaya dorong secara halus sampai kecepatan tingginya untuk setiap tingkatan gigi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi gaya dorong ideal. Grafik diatas bermula dari gaya dorong yang rendah kemudian mengalami kenaikan untuk setiap tingkatan giginya. Untuk kondisi penurunan gaya dorong setiap tingkatan gigi ini tidak berbeda dengan kondisi ideal, namun pada kondisi gaya dorong awal setiap tingkatan gigi memiliki perbedaan dengan karakteristik gaya dorong ideal pada kendaraan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain. Kondisi kendaraan yang mempengaruhi perbedaan hasil bisa terjadi misalnya kondisi kendaraan setelah di *tune up* berbeda dengan kondisi kendaraan yang belum di *tune up*. Bahan bakar sangat mempengaruhi hasil pengujian karena bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang berbeda akan menghasilkan pembakaran yang berbeda pula sehingga hal ini mengakibatkan gaya dorong yang dihasilkan juga berbeda. Untuk faktor yang ketiga yakni *human error* tentu menjadi penyebab berbedanya hasil pengujian karena kesalahan operator sangat mempengaruhi hasil pengujian.

4.2.3 Grafik Perbandingan Gaya Dorong Toyota Agya G MT dengan Agya G AT

Dari gambar 4.6 dapat dilihat *trandline* dari gaya dorong Agya G MT sebagai fungsi dari kecepatan. Gaya dorong yang terukur merupakan gaya dorong yang ada pada roda setelah melalui proses *dyno test*. Pada grafik diatas, nilai gaya dorong pada gigi 1 mulai terjadi pada kecepatan 2 km/jam. Nilai gaya dorong ini

mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya. Peningkatan akan terus terjadi sampai kecepatan 8,1 km/jam. Dan setelah melalui kecepatan 8,1 km/jam, *trandline* dari gaya dorong ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Gaya dorong pada gigi 1 akan mengalami penurunan nilai sampai kecepatan 24,4 km/jam dengan *trandline* yang cenderung sedikit landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari 2 km/jam sampai 8,1 km/jam. Nilai gaya dorong pada gigi 2 terjadi pada kecepatan 24,4 km/jam sampai 46,4 km/jam, nilai gaya dorong pada gigi 3 terjadi pada kecepatan 46,4 km/jam sampai 59,8 km/jam, dan nilai gaya dorong pada gigi 4 terjadi pada kecepatan 59,8 km/jam sampai 97,7 km/jam.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Gaya Dorong Toyota Agya G MT dengan Agya G AT

Dari gambar 4.6 dapat dilihat *trandline* dari gaya dorong Agya G AT sebagai fungsi dari kecepatan. Gaya dorong yang terukur merupakan gaya dorong yang ada pada roda setelah melalui proses *dyno test*. Pada grafik diatas, nilai gaya dorong pada gigi 1

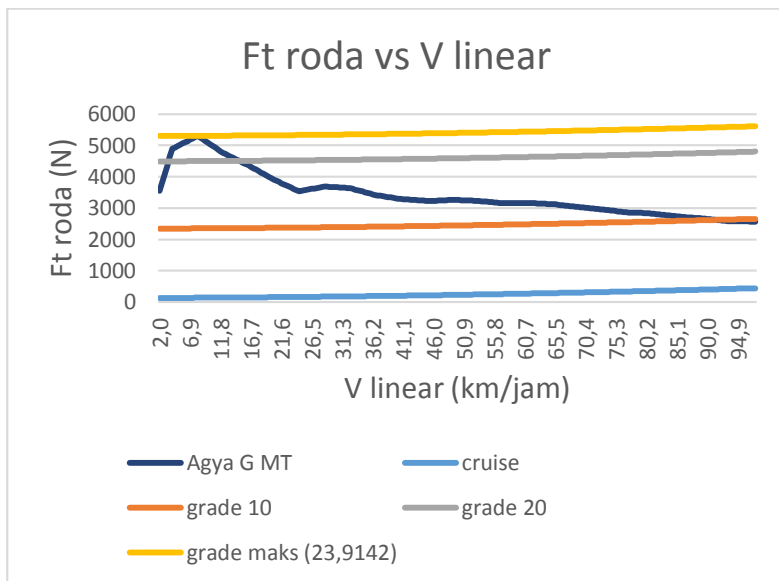
mulai terjadi pada kecepatan 0,7 km/jam. Nilai gaya dorong ini mengalami peningkatan secara drastis dilihat dari kemiringan grafiknya. Peningkatan akan terus terjadi sampai kecepatan 6 km/jam. Dan setelah melalui kecepatan 6 km/jam, *trandline* dari gaya dorong ini mengalami penurunan yang artinya slopenya bernilai negatif. Gaya dorong pada gigi 1 akan mengalami penurunan nilai sampai kecepatan 38,2 km/jam dengan *trandline* yang cenderung landai tidak seperti pada saat mengalami kenaikan dari 0,7 km/jam sampai 6 km/jam. Nilai gaya dorong pada gigi 2 terjadi pada kecepatan 38,2 km/jam sampai 44,5 km/jam, nilai gaya dorong pada gigi 3 terjadi pada kecepatan 44,5 km/jam sampai 72,7 km/jam.

Dari gambar 4.6 dapat dilihat adanya perbedaan *trandline* antara gaya dorong Agya G MT dengan Agya G AT. Kedua grafik sama-sama mengalami kenaikan di awal kecepatan, namun untuk nilai gaya dorong yang lebih besar ada pada Agya G AT. Agya G MT pada gigi 1 mengalami kenaikan tajam dari 2 km/jam sampai kecepatan 8,1 km/jam dan mengalami penurunan sedikit landai sampai kecepatan 24,4 km/ jam menurut *dyno test*. Pada kendaraan Agya G AT pada gigi 1 juga mengalami kenaikan gaya dorong di awal kecepatan dari kecepatan 0,7 km/jam sampai 6 km/jam, kemudian mengalami penurunan agak landai sampai kecepatan 38,2 km/jam. Gigi 2 pada Agya G MT terjadi dari kecepatan 24,4 km/jam sampai 46,4 km/jam sedangkan Agya G AT dari kecepatan 38,2 km/jam sampai 44,5 km/jam, gigi 3 pada Agya G MT terjadi dari kecepatan 46,4 km/jam sampai 59,8 km/jam sedangkan Agya G AT dari kecepatan 44,5 km/jam sampai 72,7 km/jam, dan gigi 4 pada Agya G MT terjadi dari kecepatan 59,8 km/jam sampai 97,7 km/jam. Secara umum kedua grafik antara Agya G MT dan Agya G AT memiliki kesamaan, pertama mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan sedikit landai. Namun ada kondisi yang paling membedakan antara kedua grafik yakni gaya dorong pada Agya G AT lebih besar daripada Agya G MT. Ini merupakan keuntungan yang ada pada Agya G AT jika dibandingkan dengan

Agya G MT. Hal ini bisa terjadi karena pengaruh dari transmisi yang digunakan pada kedua kendaraan. Agya G AT menggunakan transmisi otomatis sedangkan Agya G MT menggunakan transmisi manual. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa transmisi yang digunakan pada Agya G AT lebih efektif dalam menyalurkan daya dari mesin ke roda jika dibandingkan dengan Agya G MT. Hal itu bisa dibuktikan bahwa gaya dorong Agya G AT lebih besar daripada Agya G MT yang mana secara teknis lebih menguntungkan jika digunakan berkendara.

4.3 Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat

4.3.1 Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat Toyota Agya G MT



Gambar 4.7 Grafik Gaya Dorong beserta Gaya Hambat Toyota Agya G MT

Gambar 4.7 merupakan grafik gaya dorong Agya G MT yang digabungkan dengan gaya hambat yang terjadi. Ada 4 variasi gaya hambat yang diberikan pada grafik yakni gaya hambat saat kondisi jalan lurus/*cruise*, gaya hambat saat kondisi jalan menanjak/*grade* dengan sudut 10 derajat, gaya hambat saat kondisi jalan menanjak /*grade* dengan sudut 20 derajat, kemudian yang terakhir adalah kondisi tanjakan maksimum. Pembahasan grafik gaya dorong ada pada pembahasan sebelumnya. Untuk grafik dari gaya hambat memiliki *trandline* menanjak dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Grafik gaya hambat memiliki kemiringan yang cenderung landai. Semakin menanjak kondisi yang dilalui oleh kendaraan maka nilai gaya hambat akan semakin besar.

Gaya hambat pada grafik merupakan gaya hambat total yang merupakan gabungan dari gaya hambat udara, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat dari berat kendaraan sendiri saat melalui tanjakan. Semakin besar sudut tanjakan yang dilalui kendaraan maka nilai gaya hambat *rolling* akan semakin kecil, nilai gaya hambat beban kendaraan akan semakin besar, dan gaya hambat udara tetap. Namun jika semua gaya hambat ini dijumlahkan maka nilainya akan semakin besar berbanding lurus dengan sudut tanjakan yang dilalui oleh kendaraan. Gaya hambat udara didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa luasan penampang *frontal* kendaraan, Koefisien *drag* dari jenis kendaraan, dan kecepatan kendaraan. Sementara variabel tetap berupa massa jenis udara. Melalui persamaan gaya hambat udara akan didapatkan besarnya gaya hambat sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Kondisi udara pada saat pengujian dianggap tidak bergerak sehingga nilai kecepatan angin yang menerpa kendaraan dianggap sama dengan laju kendaraan. Gaya hambat *rolling* didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa Koefisien *rolling* yang berbeda pada tiap tingkat kecepatan. Besarnya koefisien ini juga bergantung pada jenis ban. Besarnya gaya hambat *rolling* merupakan hasil perkalian antara koefisien hambatan *rolling* dengan gaya normal kendaraan. Gaya hambat terakhir adalah gaya

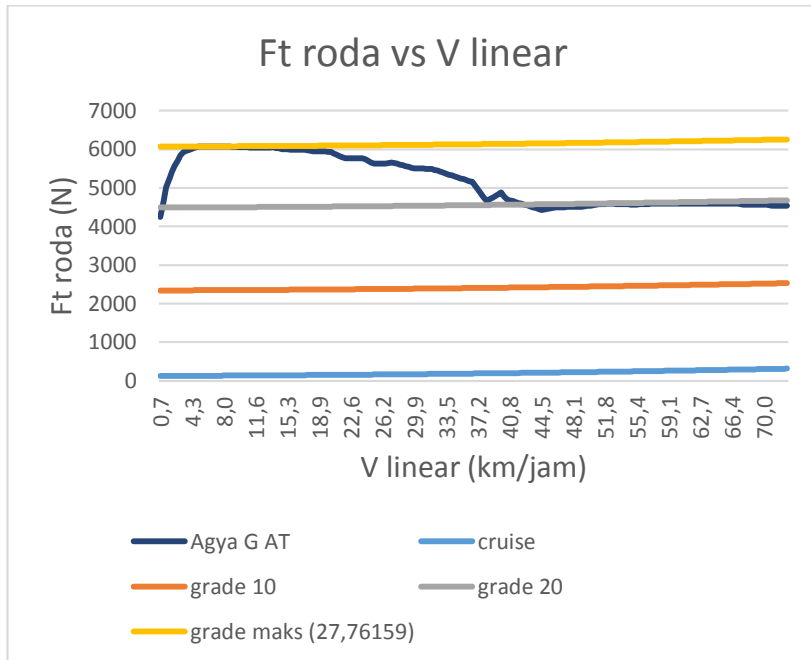
hambat beban kendaraan, nilainya berbanding lurus dengan sinus dari sudut tanjakan. Besarnya merupakan hasil perkalian antara berat kendaraan dengan sinus sudut tanjakan yang dilalui kendaraan.

Dari gambar 4.7 bisa dilakukan *progression geometry* untuk mencari besarnya gaya hambat maksimum yang mampu dilalui oleh kendaraan. Gaya hambat maksimum ini merupakan singgungan antara kurva gaya hambat dengan kurva gaya dorong paling luar. Singgungan ini merupakan perpotongan titik dimana menandakan gaya hambat paling besar yang mampu diterima oleh kendaraan. Setelah mengetahui besarnya gaya hambat maksimal akan dengan mudah dicari sudut tanjakan pada kondisi gaya hambat maksimal ini. Pada grafik untuk Agya G MT setelah dilakukan *progression geometry* didapatkan gaya hambat maksimum yang masih mampu dilalui kendaraan saat gigi 1 berada pada sudut 23,9142 derajat, saat gigi 2 berada pada sudut 16,01307 derajat, saat gigi 3 berada pada sudut 13,73598 derajat, dan saat gigi 4 berada pada sudut 13,12664 derajat. Sehingga kendaraan Agya G MT hanya mampu melalui total gaya hambat dengan kondisi jalan menanjak /*grade* dengan sudut 23,9142 derajat.

4.3.2 Grafik Gaya Dorong Beserta Pengaruh Gaya Hambat Toyota Agya G AT

Gambar 4.8 merupakan grafik gaya dorong Agya G AT yang digabungkan dengan gaya hambat yang terjadi. Ada 4 variasi gaya hambat yang diberikan pada grafik yakni gaya hambat saat kondisi jalan lurus/*cruise*, gaya hambat saat kondisi jalan menanjak/*grade* dengan sudut 10 derajat, gaya hambat saat kondisi jalan menanjak /*grade* dengan sudut 20 derajat, kemudian yang terakhir adalah kondisi tanjakan maksimum. Pembahasan grafik gaya dorong ada pada pembahasan sebelumnya. Untuk grafik dari gaya hambat memiliki *trandline* menanjak dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Grafik gaya hambat memiliki kemiringan

yang cenderung landai. Semakin menanjak kondisi yang dilalui oleh kendaraan maka nilai gaya hambat akan semakin besar.



Gambar 4.8 Grafik Gaya Dorong beserta Gaya Hambat Toyota Agya G AT

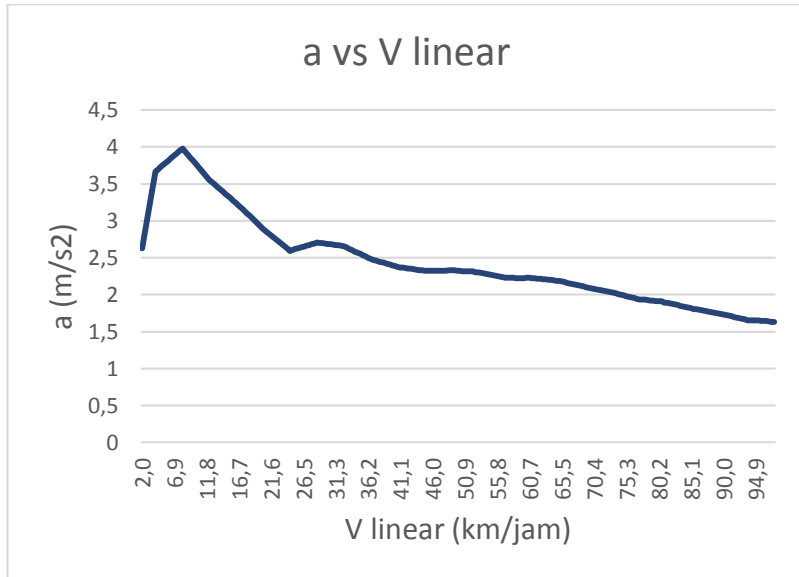
Gaya hambat pada grafik merupakan gaya hambat total yang merupakan gabungan dari gaya hambat udara, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat dari berat kendaraan sendiri saat melalui tanjakan. Semakin besar sudut tanjakan yang dilalui kendaraan maka nilai gaya hambat *rolling* akan semakin kecil, nilai gaya hambat beban kendaraan akan semakin besar, dan gaya hambat udara tetap. Namun jika semua gaya hambat ini dijumlahkan maka nilainya akan semakin besar berbanding lurus dengan sudut

tanjakan yang dilalui oleh kendaraan. Gaya hambat udara didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa luasan penampang *frontal* kendaraan, Koefisien *drag* dari jenis kendaraan, dan kecepatan kendaraan. Sementara variabel tetap berupa massa jenis udara. Melalui persamaan gaya hambat udara akan didapatkan besarnya gaya hambat sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Kondisi udara pada saat pengujian dianggap tidak bergerak sehingga nilai kecepatan angin yang menerpa kendaraan dianggap sama dengan laju kendaraan. Gaya hambat *rolling* didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa Koefisien *rolling* yang berbeda pada tiap tingkat kecepatan. Besarnya koefisien ini juga bergantung pada jenis ban. Besarnya gaya hambat *rolling* merupakan hasil perkalian antara koefisien hambatan *rolling* dengan gaya normal kendaraan. Gaya hambat terakhir adalah gaya hambat beban kendaraan, nilainya berbanding lurus dengan sinus dari sudut tanjakan. Besarnya merupakan hasil perkalian antara berat kendaraan dengan sinus sudut tanjakan yang dilalui kendaraan.

Dari gambar 4.8 bisa dilakukan *progression geometry* untuk mencari besarnya gaya hambat maksimum yang mampu dilalui oleh kendaraan. Gaya hambat maksimum ini merupakan singgungan antara kurva gaya hambat dengan kurva gaya dorong paling luar. Singgungan ini merupakan perpotongan titik dimana menandakan gaya hambat paling besar yang mampu diterima oleh kendaraan. Setelah mengetahui besarnya gaya hambat maksimal akan dengan mudah dicari sudut tanjakan pada kondisi gaya hambat maksimal ini. Pada grafik untuk Agya G AT setelah dilakukan *progression geometry* didapatkan gaya hambat maksimum yang masih mampu dilalui kendaraan saat gigi 1 berada pada sudut 27,76159 derajat, saat gigi 2 berada pada sudut 21,52828 derajat, dan saat gigi 3 berada pada sudut 19,94215 derajat. Sehingga kendaraan Agya G AT hanya mampu melalui total gaya hambat dengan kondisi jalan menanjak */grade* dengan sudut 27,76159 derajat.

4.4 Grafik Percepatan

4.4.1 Grafik Percepatan Toyota Agya G MT



Gambar 4.9 Grafik Percepatan Toyota Agya G MT

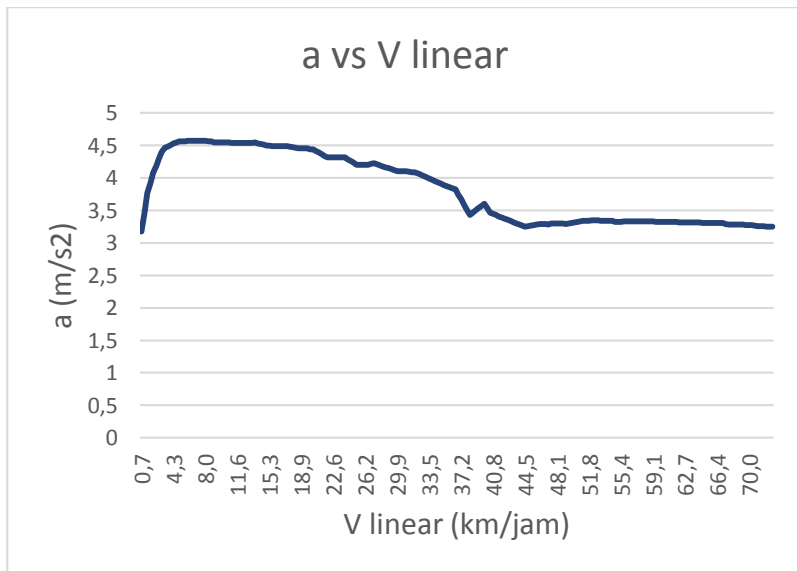
Dari gambar 4.9 dapat dilihat grafik percepatan sebagai fungsi kecepatan pada kendaraan Agya G MT. Dapat dilihat *trandline* dari grafik mengalami kenaikan percepatan dari kecepatan 2 km/jam sampai kecepatan 8,1 km/jam saat gigi 1. Setelah kecepatan 8,1 km/jam besarnya percepatan mengalami penurunan sampai pada kecepatan 24,4 km/jam. Hal yang sama juga terjadi saat gigi 2, gigi 3, dan gigi 4 yang berturut-turut terjadi pada kecepatan 24,4 km/jam sampai 46,4 km/jam, 46,4 km/jam sampai 59,8 km/jam, dan 59,8 km/jam sampai 97,7 km/jam.

Data percepatan ini didapatkan melalui *dyno test* yang dilakukan pada kendaraan dan memunculkan nilai percepatan tiap interval kecepatan. Pengujian langsung dilakukan pada roda

kendaraan sehingga percepatan yang muncul merupakan percepatan kendaraan. Pembebanan dilakukan dengan memperhitungkan massa kendaraan dan massa penumpang.

Grafik percepatan Agya G MT memiliki sedikit perbedaan dengan kondisi ideal, untuk kondisi ideal cenderung memiliki nilai yang besar diawal kemudian mengalami penurunan *trandline* sampai pada kecepatan tinggi. Percepatan untuk kondisi ideal bermula dari kondisi yang paling tinggi, sementara untuk hasil pengujian mengalami kenaikan nilai percepatan dulu dari awal kecepatan tiap gigi kemudian baru mengalami penurunan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain.

4.4.2 Grafik Percepatan Toyota Agya G AT



Gambar 4.10 Grafik Percepatan Toyota Agya G AT

Dari gambar 4.10 dapat dilihat grafik percepatan sebagai fungsi kecepatan pada kendaraan Agya G AT. Dapat dilihat *trandline* dari grafik mengalami kenaikan percepatan dari kecepatan 0,7 km/jam sampai kecepatan 6 km/jam saat gigi 1. Setelah kecepatan 6 km/jam besarnya percepatan mengalami penurunan sampai pada kecepatan 38,2 km/jam. Hal yang sama juga terjadi saat gigi 2, dan gigi 3 yang berturut-turut terjadi pada kecepatan 38,2 km/jam sampai 44,5 km/jam, dan 44,5 km/jam sampai 72,7 km/jam.

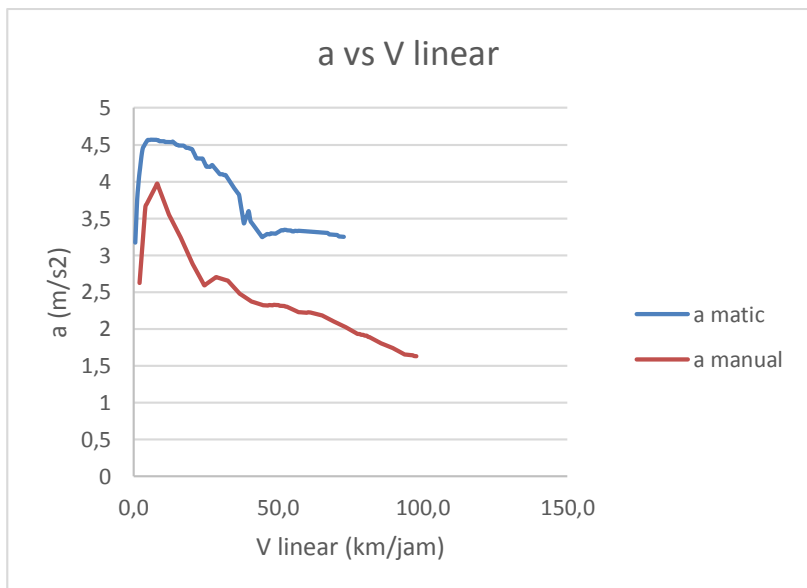
Data percepatan ini didapatkan melalui *dyno test* yang dilakukan pada kendaraan dan memunculkan nilai percepatan tiap interval kecepatan. Pengujian langsung dilakukan pada roda kendaraan sehingga percepatan yang muncul merupakan percepatan kendaraan. Pembebanan dilakukan dengan memperhitungkan massa kendaraan dan massa penumpang.

Grafik percepatan Agya G AT memiliki sedikit perbedaan dengan kondisi ideal, untuk kondisi ideal cenderung memiliki nilai yang besar diawal kemudian mengalami penurunan *trandline* sampai pada kecepatan tinggi. Percepatan untuk kondisi ideal bermula dari kondisi yang paling tinggi, sementara untuk hasil pengujian mengalami kenaikan nilai percepatan dulu dari awal kecepatan tiap gigi kemudian baru mengalami penurunan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi kendaraan, bahan bakar, *human error*, dan lain-lain. Kondisi kendaraan yang mempengaruhi perbedaan hasil bisa terjadi misalnya kondisi kendaraan setelah di *tune up* berbeda dengan kondisi kendaraan yang belum di *tune up*. Bahan bakar sangat mempengaruhi hasil pengujian karena bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang berbeda akan menghasilkan pembakaran yang berbeda pula sehingga hal ini mengakibatkan percepatan yang dihasilkan juga berbeda. Untuk faktor yang ketiga yakni *human error* tentu

menjadi penyebab berbedanya hasil pengujian karena kesalahan operator sangat mempengaruhi hasil pengujian.

4.4.3 Grafik Perbandingan Percepatan Toyota Agya G MT dengan Agya G AT

Dari gambar 4.11 dapat dilihat grafik percepatan sebagai fungsi kecepatan pada kendaraan Agya G MT. Dapat dilihat *trandline* dari grafik mengalami kenaikan percepatan dari kecepatan 2 km/jam sampai kecepatan 8,1 km/jam saat gigi 1. Setelah kecepatan 8,1 km/jam besarnya percepatan mengalami penurunan sampai pada kecepatan 24,4 km/jam. Hal yang sama juga terjadi saat gigi 2, gigi 3, dan gigi 4 yang berturut-turut terjadi pada kecepatan 24,4 km/jam sampai 46,4 km/jam, 46,4 km/jam sampai 59,8 km/jam, dan 59,8 km/jam sampai 97,7 km/jam.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Percepatan Toyota Agya G MT dengan Agya G AT

Dari gambar 4.11 dapat dilihat grafik percepatan sebagai fungsi kecepatan pada kendaraan Agya G AT. Dapat dilihat *trandline* dari grafik mengalami kenaikan percepatan dari kecepatan 0,7 km/jam sampai kecepatan 6 km/jam saat gigi 1. Setelah kecepatan 6 km/jam besarnya percepatan mengalami penurunan sampai pada kecepatan 38,2 km/jam. Hal yang sama juga terjadi saat gigi 2, dan gigi 3 yang berturut-turut terjadi pada kecepatan 38,2 km/jam sampai 44,5 km/jam, dan 44,5 km/jam sampai 72,7 km/jam.

Dari kedua grafik diatas dapat dilihat adanya perbedaan *trandline* tidak sama. Pada Agya G MT percepatan paling tinggi ada pada kecepatan 8,1 km/jam sementara pada Agya G AT percepatan paling tinggi terjadi pada kecepatan 6 km/jam. Untuk nilai percepatan dari kedua kendaraan juga terdapat perbedaan. Pengaruh yang terasa adalah pada Agya G AT mengalami percepatan yang lebih besar daripada Agya G MT. Jika dilihat dari sumber mesin serta dinamika kendaraan yang cenderung sama, maka ada perbedaan pada salah satu komponen yang menyebabkan Agya G AT memiliki performa yang lebih bagus. Kedua kendaraan memiliki mesin yang serupa, sistem pembakaran yang serupa juga, kemudia dinamika kendaraan juga serupa, maka terdapat perbedaan pada sistem transmisi yang menyebabkan perbedaan performa. Transmisi pada Agya G AT bisa dikatakan lebih efektif dalam proses mentransfer tenaga yang diberikan oleh mesin ke roda untuk menggerakkan kendaraan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Gaya dorong yang dihasilkan oleh Agya G AT memiliki karakteristik yang lebih baik dari Agya G MT jika dilihat dari peningkatan gaya. Gaya dorong Agya G AT mampu mencapai 6073,43665 N pada kondisi maksimal dan lebih baik jika dibandingkan dengan Agya G MT yang hanya mampu mencapai 5305,31135 pada kondisi maksimal. Dengan kondisi mesin, dinamika kendaraan, dan sistem penyaluran bahan bakar yang sama dari kedua kendaraan maka bisa dikatakan bahwa transmisi pada Agya G AT lebih baik dan lebih efektif jika dibandingkan dengan transmisi pada Agya G MT.
2. Besarnya sudut tanjakan maksimal yang mampu dilalui oleh Agya G AT lebih besar dari yang bisa dilalui oleh Agya G MT. Agya G AT mampu melalui tanjakan maksimal dengan sudut 27,76159 derajat sementara Agya G MT mampu melalui tanjakan maksimal 23,9142 derajat. Dengan kondisi mesin, dinamika kendaraan, dan sistem penyaluran bahan bakar yang sama maka bisa dikatakan bahwa transmisi pada Agya G AT lebih baik dan lebih efektif jika dibandingkan dengan transmisi pada Agya G MT.
3. Percepatan yang dihasilkan oleh Agya G AT lebih baik dari Agya G MT jika dilihat dari percepatan yang dihasilkan. Percepatan Agya G AT mampu mencapai 4,569434 m/s² pada kondisi maksimal dan lebih baik jika

dibandingkan dengan Agya G MT yang hanya mampu mencapai $3,976658 \text{ m/s}^2$ pada kondisi maksimal. Dari beberapa parameter yang memiliki karakteristik yang serupa maka bisa dikatakan bahwa transmisi pada Agya G AT lebih baik dan lebih efektif jika dibandingkan dengan transmisi pada Agya G MT.

5.2 Saran

Dari berbagai kendala yang didapat pada saat pengujian, adapun saran yang diusulkan oleh penulis sebagai berikut :

1. Dalam proses melakukan uji *dynotest* kendaraan sebaiknya dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Kendaraan uji seharusnya bisa dibongkar untuk kebutuhan tugas akhir agar proses pengambilan data torsi mesin bisa dilakukan.
3. Untuk mendapatkan data uji yang serupa seharusnya ditambahkan hasil simulasi komputer sebagai pembanding dengan kondisi *real*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutantra, I. N., & Sampurno. 2010. **Teknologi Otomotif Edisi Kedua**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Anonim. 2016. <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-transmisi-manual/>. Diakses tanggal : 20 Januari 2016.
- [3] JY. Wong., John Wiley & Sons. 1978. **Theory of Ground Vehicle**. New York.
- [4] Anonim. 2016. **“Chasiss Dynamometer”**. <http://www.streetrod101.com/blog/post-title-click-and-type-to-edit5>. Diakses tanggal : 4 Februari 2016.
- [5] Anonim. **“ Transmisi Otomatis – Planetary Gear Unit”** <http://transmisi-otomatis.appspot.com/static/planetary-gear-unit.html>. Diakses tanggal : 20 September 2015.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Fakih Nurohman Hadi dilahirkan di Nganjuk, Jawa Timur pada 31 Oktober 1992 yang merupakan anak kedua dari 3 bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Semolo Waru I/261, Surabaya (1998-2004). Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 30 Surabaya (2004-2007) Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 17 Surabaya (2007-2010). Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Teknik Permesinan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sebagai mahasiswa D3 (2010-2013). Kemudian penulis melanjutkan studi S1 di Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.